



L'ELETTROTECNICA

GIORNALE ED ATTI DELLA

ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA
SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

COMITATO DIRETTIVO: † A. BARBAGELATA - † A. DALLA VERDE - M. SEMENZA - G. SOMEDA

DIREZIONE: DIRETTORE: A. BARBAGELATA - CONDIRETTORE E REDATTORE CAPO: R. SAN NICOLÒ

COMITATO DI REDAZIONE: A. M. ANGELINI - F. BAROZZI - E. GATTI - R. SARTORI - G. SILVA

AMMINISTRAZIONE: UFFICIO CENTRALE DELL'A.E.I. - MILANO - VIA SAN PAOLO, 10 - TEL. 794-794 e 798-897 - C/C POSTALE 3/1189

È GRADITA LA COLLABORAZIONE DEI LETTORI. - GLI ARTICOLI DI INTERESSE GENERALE ACCETTATI DALLA REDAZIONE SONO COMPENSATI. - GLI SCRITTI DEI SINGOLI AUTORI NON IMPEGNANO LA REDAZIONE E QUELLI DELLA REDAZIONE NON IMPEGNANO L'A.E.I. - I MANOSCRITTI NON SI RESTITUISCONO. AI SOCI DELL'A.E.I. UN ABBONAMENTO GRATIS. - SPEDIZIONE IN ABBONAMENTO POSTALE: GRUPPO 3°. - PUBBLICAZIONE MENSILE

SOMMARIO

PARTE PRIMA

Articoli:

Tensioni elettriche e differenze di potenziale (A. R. MEO)	Pag. 682
Sulla stabilità dei collegamenti telefonici (G. TAMBURELLI)	» 690
Generatore di funzioni a modulazione di frequenza (G. BASSILE)	» 698
La produzione d'energia elettrica nel futuro	» 703

Rubriche varie:

Notizie e Informazioni	» 719
Libri e Pubblicazioni	» 727
Dalle Riviste	» 726

Notizie dell'Associazione:

Per la LXII Riunione Annuale - Premio Jona	Pag. 734
Notizie delle Sezioni: Sezione di Catania	» 734
Sezione di Firenze - Sezione di Napoli - Sezione di Palermo	» 735
Comitato Elettrotecnico Italiano	» 735
Necrologio	» 736

PARTE SECONDA

SUNTI E SOMMARI	Pag. 125 D
---------------------------	------------

Per la futura Riunione Annuale

In altra parte del presente giornale richiamiamo alla attenzione dei lettori i temi proposti per la Riunione Annuale che si terrà l'anno prossimo a Torino e che aveva già segnalato come scelti dal Consiglio Generale.

Invitiamo tutti coloro che intendano presentare Memorie, a prendere visione di quanto pubblichiamo circa le modalità e la data di presentazione delle Memorie.

L'annuncio dei temi è stato dato tempestivamente e gli Autori hanno davanti a sé un periodo di oltre 6 mesi per la compilazione dei loro elaborati.

Ricordiamo ancora una volta che la data estrema di accettazione delle Memorie è fissata improrogabilmente al 30 aprile 1961: dopo tale data non sarà possibile accettare scritti destinati alla Riunione; quelli che arriveranno in ritardo potranno, caso mai, essere presi in considerazione soltanto per una eventuale pubblicazione su « L'Elettrotecnica ».

Questioni di concetto e di terminologia

La « domanda » che abbiamo pubblicato a pag. 182 del n. 3 del Giornale ha suscitato vivo interesse, come è dimostrato dal grande numero di risposte pervenute, due delle quali abbiamo pubblicato nel fascicolo precedente a questo.

Ma il fatto che le risposte non giungevano tutte alle medesime conclusioni dimostra che sul problema posto non tutti avevano chiare le idee e non tutti lo affrontavano con precisione.

Come avevamo annunciato, pubblichiamo oggi uno studio di A. R. MEO che discute i concetti fondamentali di tensioni elettriche e di differenze di potenziali, portando una opportuna chiarificazione e precisazione in questo campo dove regna spesso qualche confusione. Non si tratta, come si potrebbe ritenere a prima vista, di una semplice questione di terminologia ma di una interpretazione inesatta dei fatti, che si traduce in una scorretta terminologia.

Con una precisazione in questo campo vengono a sciogliersi molte difficoltà di interpretazione.

Sulla stabilità dei collegamenti telefonici

Le condizioni cui deve soddisfare un quadripolo attivo per non entrare in oscillazione sono state studiate sotto svariati punti di vista. Ma forse non è ancora esaurito il problema tipico degli elementi dei collegamenti telefonici, cioè quello di assicurarsi che una catena di ap-

parecchi terminali, linee urbane, elementi di commutazione, linee interurbane, e via di seguito, combinate in modo vario secondo la posizione reciproca degli interlocutori, non entri in oscillazione. Per questo è necessario determinare le condizioni a cui deve soddisfare ogni elemento per non oscillare in nessuna condizione di terminazione ai due estremi in cui possa venirsi a trovare. Nell'articolo che oggi pubblichiamo G. TAMBURELLI discute appunto queste condizioni, limitando il vasto campo delle possibili terminazioni, a quelle che si possono incontrare effettivamente o addirittura che si incontrano più frequentemente.

Generatori di funzioni

Il problema di costruire generatori di funzioni efficienti ha assunto importanza sempre maggiore col diffondersi dei sistemi di calcolo analogico e di comando a programma. Ogni perfezionamento e ogni nuova idea devono quindi essere accolti con favore. Il BASILE propone di sfruttare la caratteristica di ampiezza (in funzione della frequenza) di un quadripolo e di comandare con la variabile indipendente la frequenza della tensione di ingresso, con legge tale da ottenere in uscita la funzione desiderata. È ampiamente discusso il caso di un generatore di una parabola con variazione lineare della frequenza e ne è illustrata l'attuazione sperimentale.

Verso nuove sorgenti di energia

L'avvento degli impianti nucleari e il loro graduale affermarsi hanno ridotto, ma non soppresso, le preoccupazioni circa le future disponibilità di energia in confronto al continuo e rapido incremento dei fabbisogni.

Mentre fervono gli studi sui fenomeni di fusione la utilizzazione dei quali se praticamente realizzata potrebbe probabilmente tranquillizzare per l'avvenire, l'attenzione dei ricercatori si rivolge alla ricerca di altre possibili sorgenti, sfruttando fenomeni già noti ma finora non utilizzati.

Si tratta spesso di studi e ricerche geniali ed arditi che comportano problemi teorici e pratici di grande difficoltà. In queste ricerche sperimentali molto ha fatto e sta facendo la Westinghouse; essa recentemente ha promosso una apposita riunione nella quale i suoi tecnici hanno riferito in merito. Dato il grande interesse degli argomenti trattati abbiamo ritenuto di far cosa gradita ai nostri lettori riportando un largo riassunto dei rendiconti di tale riunione.

LA REDAZIONE

TENSIONI ELETTRICHE E DIFFERENZE DI POTENZIALE

A. R. MEO (*)

Al fine di chiarire un problema proposto da un lettore di questa rivista — il quale si chiedeva quale tensione misuri un voltmetro inserito fra due punti di una spira di trasformatore — si effettua un'analisi dei concetti di forza elettrica, di tensione lungo una linea, di differenza di potenziale fra due punti (in un campo rotazionale).

Si studiano poi le condizioni che devono essere verificate perchè si possa ritenere che un voltmetro ideale misuri la differenza di potenziale e si applicano le considerazioni fatte al problema proposto della spira circolare. Dopo aver considerato qualche altra applicazione si conclude esaminando il concetto di potenza entrante in un bipolo in relazione alla definizione data di differenza di potenziale ai suoi morsetti.

1. - GENERALITÀ.

Nel n. 3 di questa rivista (nella nuova rubrica «Domande e Risposte») è stato affrontato un interessante problema relativo al concetto di tensione elettrica e alle corrispondenti misure col voltmetro.

In esso veniva considerata una spira circolare di resistenza uniforme, concatenata con un flusso variabile nel tempo, e si domandava quale tensione misurasse un voltmetro collegato a due punti sulla spira distanziati d'un arco corrispondente ad un angolo di 90° .

Una risposta intuitiva potrebbe essere data con concisa immediatezza; essa tuttavia potrebbe lasciare qualche perplessità se non si ponessero alcune definizioni e non si chiarissero alcuni concetti la cui non corretta impostazione sta forse alla base dei dubbi esposti dal giovane studioso. Si trarrà così occasione dal problema proposto per impostare un esame più generale concernente:

a) le definizioni di forza elettrica, di tensione lungo una linea, di differenza di potenziale fra due punti;

b) le condizioni che devono essere verificate perchè un voltmetro ideale possa indicare la differenza di potenziale fra due punti;

c) il concetto di potenza entrante in un bipolo in relazione al concetto di differenza di potenziale ai suoi morsetti;

d) l'applicazione dei punti a), b) e c) ai due problemi della spira circolare a resistenza uniforme e non uniforme.

Poichè il caso più generale presenta difficoltà che si preferisce, per ora, non esaminare, si farà l'ipotesi semplificativa che il sistema sia stazionario, cioè che tutti gli elementi di volume del mezzo (dielettrici e conduttori) siano in quiete, almeno dal punto di vista macroscopico, rispetto all'osservatore che effettua le misure (**).

(*) Dr. ing. ANGELO RAFFAELE MEO, dell'I.E.N.G.F., Torino.

(**) Quando la presente nota era già stata inviata alla Redazione di questa rivista, si è presa conoscenza di un interessante lavoro di D. W. SPENCE e C. R. CAHN: *Basic Concepts in the Analysis of Stationary Electric Circuits* (Transactions AIEE - Vol. 72, pagg. 617 e segg., novembre 1953), in cui, prendendo lo spunto dallo stesso problema della spira circolare, sono svolte alcune considerazioni in parte analoghe a quelle qui esposte. Il lettore interessato al problema potrà trovarvi una più estesa e chiara trattazione dei punti che costituiscono l'oggetto dei primi paragrafi di questa esposizione.

2. - DEFINIZIONI.

Sia dato un campo elettrico e sia noto il valore in ogni suo punto del vettore forza elettrica \mathbf{K} , funzione, in generale, del punto e del tempo. Si dirà tensione elettrica T_{AB} esistente fra due punti assegnati A e B del campo, lungo una certa linea l che li congiunge, l'integrale curvilineo di \mathbf{K} esteso a quella linea:

$$(1) \quad T_{AB} = \int_{AB} \mathbf{K} \cdot d\mathbf{s}.$$

Questa grandezza, per una assegnata coppia di punti A e B , è in generale funzione della linea che li congiunge e non è quindi esprimibile come differenza dei valori assunti in A e B da un potenziale. Ma, poichè il vettore \mathbf{K} è sempre scomponibile nella somma di due componenti

$$(2) \quad \mathbf{K} = \mathbf{K}_{ir} + \mathbf{K}_s$$

di cui la prima irrotazionale (¹), si potrà definire la differenza di potenziale fra due punti A e B , con riferimento alla componente \mathbf{K}_{ir} di \mathbf{K} , come l'integrale curvilineo di questa componente lungo qualunque linea che congiunge A e B :

$$(3) \quad V_{AB} = \int_{AB} \mathbf{K}_{ir} \cdot d\mathbf{s}.$$

In tal modo, mentre la tensione elettrica esistente fra due punti risulta funzione della linea d'integrazione della (1), la differenza di potenziale risulta funzione della particolare scomposizione della forza elettrica a cui si è fatto riferimento e dipende quindi da una assunzione convenzionale, che può essere stabilita, come si vedrà nel seguito di questa esposizione, seguendo esclusivamente criteri di opportunità.

È bene ricordare che la tensione elettrica esistente fra due punti A e B lungo una certa linea l è la grandezza misurata da un voltmetro ideale (²) collegato ad A e B coi cordoni disposti lungo l .

Anzi, volendo tentare una coordinazione sistematica delle definizioni delle grandezze a cui si farà riferimento, si potrebbe senz'altro definire la tensione elettrica come la grandezza ottenuta dalle misure del voltmetro e di conseguenza la forza elettrica \mathbf{K} come quel vettore le cui tre componenti cartesiane sono:

$$(4) \quad K_x = \frac{dT_x}{dx}; \quad K_y = \frac{dT_y}{dy}; \quad K_z = \frac{dT_z}{dz}$$

(¹) Sono ovviamente infinite le scomposizioni del tipo della (2). In particolare se si impone che il vettore \mathbf{K}_s sia solenoidale, ogni soluzione dell'equazione

$$\nabla^2 U = \text{div grad } U = \text{div } \mathbf{K}$$

porta a una diversa scomposizione, potendosi interpretare la funzione U come il potenziale del vettore \mathbf{K}_{ir} (teorema di Clebsch).

(²) Questo voltmetro ideale va pensato come uno strumento di dimensioni infinitesime e di resistenza interna infinita, collegato a due cordoni infinitamente sottili ma infinitamente conduttori, isolati per tutta la lunghezza, tranne che alle due estremità libere. La sua inserzione deve lasciare inalterata la forza elettrica \mathbf{K} preesistente in tutti i punti, fatta eccezione per quelli della linea descritta dai cordoni.

avendo indicato con dT_x , dT_y , dT_z le tensioni relative a tre elementi infinitesimi di linea paralleli agli assi coordinati.

3. - IL POTENZIALE DEL CAMPO NEI CIRCUITI IN REGIME STAZIONARIO.

Si è osservato che, in generale, perchè abbia senso parlare di potenziale di un campo elettrico occorre precisare a quale componente irrotazionale di \mathbf{K} si fa riferimento come suo gradiente e che questa precisazione, in un certo senso arbitraria e convenzionale, può essere fatta seguendo esclusivamente criteri di opportunità. Questo problema della ricerca della più opportuna definizione di potenziale (si noti che in ultima analisi si parla, in generale, del potenziale di un campo rotazionale) è di immediata semplificazione nel caso, che si vuole brevemente esaminare, dei circuiti in regime stazionario.

Per definizione un circuito elettrico è in regime stazionario (o « a corrente continua ») quando le grandezze che rappresentano i fenomeni elettromagnetici che vi si manifestano non sono funzione del tempo. Deve quindi essere esclusa la presenza, che presupporrebbe un'operazione di derivazione rispetto al tempo, di forze elettromotrici indotte elettromagneticamente; le uniche forze elettromotrici che possono manifestarsi in un circuito in regime stazionario debbono essere di tipo localizzato. In particolare, per semplicità, ci si potrà limitare al caso — per altro, di più frequente applicazione — delle forze elettromotrici di tipo chimico ⁽³⁾.

L'esperienza insegna che in regime stazionario la tensione elettrica che si può misurare con un voltmetro inserito fra due punti qualsiasi del sistema non dipende dalla linea secondo cui sono disposti i cordoni e coincide quindi con una differenza di potenziale. La forza elettrica \mathbf{K} che si definisce così in base alla (4) del paragrafo precedente è un vettore irrotazionale.

Risulta allora evidente che tra le infinite scomposizioni possibili del tipo della (2), la più comoda risulta quella per cui è:

$$(5) \quad \mathbf{K}_s = 0; \quad \mathbf{K}_{tr} = \mathbf{K}$$

cioè conviene scegliere, tra le infinite definizioni di differenza di potenziale tra due punti di un sistema in regime stazionario, quella per cui essa coincide con la tensione elettrica misurata.

A chiarimento si può osservare che il sistema delle forze elettromotrici può essere rappresentato da un campo di forze elettriche impresse \mathbf{K}_i il cui integrale circuitale, relativo a qualunque maglia del circuito, esprime la forza elettromotrice totale relativa ad essa. Questo campo di forze impresse esiste soltanto nella limitata regione di spazio occupata dalle sorgenti (pile o accumulatori). Ma esso non agisce mai direttamente sui cordoni metallici (ma isolati) del voltmetro, anche quando questi passano nella regione delle sorgenti; e dunque queste forze impresse non intervengono in alcun modo nella determinazione del valore di \mathbf{K} , quando \mathbf{K} sia definito in base alla (4) ⁽⁴⁾.

È noto poi che alla forza elettrica \mathbf{K} sono associati due distinti fenomeni:

I) La circolazione, nei conduttori, di una densità di corrente \mathbf{J} . In assenza di forze impresse vale la:

$$(6) \quad \mathbf{K} = r \mathbf{I}$$

⁽³⁾ Comunque l'ammettere l'esistenza di altre forze elettromotrici di tipo localizzato (come le termoelettriche) che non siano di natura chimica, non porta a complicare concettualmente quanto verrà esposto. Basterà soltanto ammettere che si possa, rendendo verificate opportune condizioni sperimentali, rendere insensibile il voltmetro alla presenza di queste forze elettromotrici.

⁽⁴⁾ Al contrario alcuni autori, partendo da una diversa definizione, considerano come forza elettrica nella regione delle pile la somma del vettore \mathbf{K}_i e della componente ottenute dalle misure col voltmetro.

dove r è la resistività del mezzo, mentre in presenza di forze impresse, si ha ⁽⁵⁾:

$$(7) \quad \mathbf{K} + \mathbf{K}_i = r \mathbf{I}$$

II) La separazione di cariche elettriche nei vari elementi del circuito; queste cariche, funzione delle forze elettromotrici impresse, della resistenza e della capacità mutua dei diversi tratti conduttori, si distribuiscono nei vari elementi durante il transitorio di inserzione delle f.e.m. ed hanno una densità:

$$(8) \quad \rho = \epsilon_0 \operatorname{div} \mathbf{K}$$

ove ϵ_0 è la costante dielettrica del vuoto, e ρ è la così detta densità di carica « libera » somma della densità di carica « effettiva » (esprimibile come divergenza dello spostamento elettrico \mathbf{D}) e di quella « di polarizzazione » (esprimibile come la divergenza, cambiata di segno, del vettore polarizzazione elettrica \mathbf{P}).

È facile convincersi che, in regime stazionario, al vettore \mathbf{K} è sempre associata, almeno in qualche punto dello spazio, una densità di carica $\rho \neq 0$. Risulta così lecito pensare la forza elettrica \mathbf{K} , che si misura col voltmetro, come originata dalle cariche. Pertanto, come è noto, la differenza di potenziale misurata col voltmetro può essere espressa dalla differenza dei valori assunti dal « potenziale elettrico »:

$$(9) \quad V_a = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \iiint_V \frac{\rho}{d} dv$$

dove d sta ad indicare la distanza tra il punto di cui si calcola il potenziale e l'elemento di volume dv che ha densità di carica ρ ; la (9) si può anche scrivere, tenendo conto della definizione (8) della densità di carica, nella forma:

$$(10) \quad V_a = \frac{1}{4 \pi \epsilon_0} \iiint_V \frac{\operatorname{div} \mathbf{K}}{d} dv.$$

⁽⁵⁾ Così, ad es., il circuito di una pila di f.e.m. E e di resistenza interna R_i può essere rappresentato come in fig. 1, ove la pila è

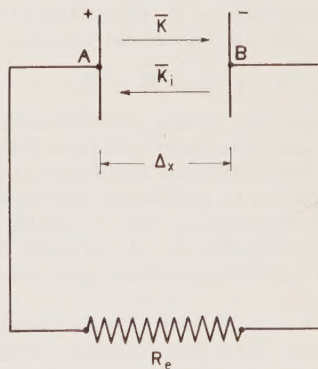


Fig. 1.

stata schematizzata con una piccola regione di spazio che è sede del campo di forze elettriche impresse \mathbf{K}_i (rivolte ovviamente dal polo — al polo +), sovrapposto alla forza elettrica \mathbf{K} di verso opposto. Sarà:

$$E = K_i \Delta x$$

e, supposto uniforme anche K nella regione di spazio occupata dalla pila:

$$V_{AB} = K \Delta x.$$

In assenza di corrente è:

$$E = V_{AB} \text{ e, a meno dei segni, } K_i = K.$$

In presenza di corrente:

$R_i I = (K_i - K) \Delta x$ che coincide con la (7) tenuto conto dei versi opposti di K e K_i .

Si può così affermare che nel caso dei circuiti in regime stazionario (che comprende, come applicazione particolare, il caso di tutti i problemi di elettrostatica) la forza elettrica \mathbf{K} è irrotazionale e, potendosi considerare come originata dalle cariche, coincide con il vettore \mathbf{K}_q gradiente, a meno del segno, del potenziale elettrico (9) o (10).

4. - POTENZIALE E TENSIONE ELETTRICA IN PRESENZA DI FORZE ELETTROMOTRICI INDOTTE.

È noto che, in presenza di forze elettromotrici indotte di natura elettromagnetica, la tensione elettrica misurata tra due punti è in generale funzione della configurazione assunta dai cordoni del voltmetro e quindi il vettore \mathbf{K} non è più irrotazionale.

Tuttavia s'è detto nel paragrafo 2 che è sempre possibile scomporre la forza elettrica \mathbf{K} in due componenti di cui una sia irrotazionale e definire, in funzione di questa, la differenza di potenziale fra due punti del campo.

Ora tra le infinite scomposizioni possibili del tipo della (2) una appare particolarmente opportuna, ed è quella per cui come componente irrotazionale di \mathbf{K} si assume la forza elettrica \mathbf{K}_q generata dalle cariche del sistema.

Così, come nel caso dei circuiti in regime stazionario, sarà ancora:

$$(8) \quad \rho = \epsilon_0 \operatorname{div} \mathbf{K}$$

e

$$(11) \quad \mathbf{K}_q = -\operatorname{grad} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_V \frac{\rho}{d} dv;$$

inoltre quale naturale estensione al caso generale della definizione data per gli stessi circuiti in regime stazionario, si converrà di indicare sempre come differenza di potenziale fra due punti la differenza dei valori assunti in essi dalla funzione scalare ⁽⁶⁾:

$$(9) \quad V_q = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \iiint_V \frac{\rho}{d} dv.$$

In questo modo, noto il valore di \mathbf{K} dalle misure col voltmetro, si può ottenere \mathbf{K}_q dalle (8) e (11) e, per differenza, la componente indotta del campo:

$$(12) \quad \mathbf{K}_d = \mathbf{K}_s = \mathbf{K} - \mathbf{K}_q.$$

Appare evidente da queste considerazioni la diversa natura del sistema delle forze elettriche indotte rispetto al sistema delle forze impresse localizzate considerato nel paragrafo precedente. In particolare mentre \mathbf{K}_i non agisce nei cordoni del voltmetro e non è quindi una componente della forza elettrica \mathbf{K} , al contrario \mathbf{K}_d agisce sui cordoni del voltmetro e costituisce una componente del campo.

Il problema che ora si pone è se sia possibile misurare con un voltmetro oltre alla tensione elettrica fra due punti A e B anche la differenza di potenziale V_{AB} definita mediante la (9). Non è facile fornire una risposta di carattere generale ma è certo che in alcuni casi ciò è possibile.

⁽⁶⁾ Si ricorda che in presenza di sistemi magnetici in moto (magneti permanenti, circuiti percorsi da correnti) la (8) non è più verificata e quindi la (9) non è più equivalente alla (10) a meno che con ρ si indichi quella grandezza che si potrebbe chiamare densità di carica «totale», in quanto somma della densità di carica «vera» e della densità di carica «apparente» (Vedi ad es. E. G. CULLWICK: *Electromagnetism and Relativity*). Per questo si è preferito limitare questa esposizione al caso dei sistemi stazionari in quanto allora densità di carica totale e densità di carica vera coincidono ed il vettore \mathbf{K}_q definito secondo la (10) è effettivamente la forza elettrostatica. Si noti anche che si è introdotto nella (11) un potenziale non ritardato e che quindi questa espressione non tiene conto della radiazione elettromagnetica ed è pertanto da ritenersi valida per i soli circuiti in regime quasi stazionario.

In molti casi infatti, assegnata una coppia di punti A e B , è possibile trovare una linea l^* che congiunge A con B , lungo la quale tensione elettrica e differenza di potenziale coincidono.

Poichè colle definizioni poste la tensione elettrica è legata alla differenza di potenziale dalla relazione:

$$(13) \quad T_{AB} = V_{AB} + \int_{AB} \mathbf{K}_d \cdot d\mathbf{s}$$

(ove \mathbf{K}_d è la componente della forza elettrica indotta elettromagneticamente) l'arco di linea l^* dovrà godere della proprietà che l'integrale curvilineo lungo di essa del vettore \mathbf{K}_d sia nullo.

Pertanto tutte le volte che si riuscirà a trovare un arco di linea che goda di questa proprietà, basterà disporre lungo di esso i cordoni del voltmetro perchè lo strumento dia direttamente la misura della differenza di potenziale relativa agli estremi dell'arco e perchè si possa dire di questo voltmetro che «risulta protetto dall'induzione elettromagnetica» ⁽⁷⁾. Naturalmente, perchè questo sia possibile, bisognerà conoscere, se non il valore del vettore \mathbf{K}_d in tutti i punti dello spazio, almeno l'andamento delle sue linee di flusso in modo da poter ricercare una linea per ogni elemento della quale si abbia:

$$(14) \quad \mathbf{K}_d \cdot d\mathbf{s} = 0.$$

Come ciò sia attuabile è mostrato, a titolo di esempio, nel paragrafo che segue.

5. - IL PROBLEMA DELLA SPIRA CIRCOLARE.

5.1. - Spira di resistenza uniforme, equipotenziale.

Le considerazioni del paragrafo precedente possono essere applicate a risolvere il problema proposto della spira circolare, concatenata con un flusso d'induzione $\Phi(t)$ variabile nel tempo (fig. 2). Si supponga dapprima costante

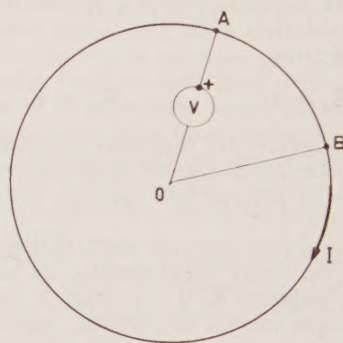


Fig. 2.

la resistenza della spira in tutti i suoi punti. Il vettore induzione magnetica \mathbf{B} sia ortogonale al piano del disegno (e della spira) e rivolto verso l'osservatore; la configurazione del campo magnetico, supposto \mathbf{B} , in generale, non uniforme, s'accordi colla simmetria (radiale) della spira in modo da poter ritenere che le linee del campo elettrico indotto \mathbf{K}_d siano circonferenze concentriche colla spira ⁽⁸⁾.

⁽⁷⁾ In conclusione si può affermare che un voltmetro «è» sempre protetto dal campo delle forze elettriche impresse, «può» essere protetto (disponendo opportunamente i suoi cordoni) dal campo delle forze elettriche indotte.

⁽⁸⁾ In queste considerazioni si suppongono note le leggi fondamentali dell'induzione elettromagnetica che sono sostanzialmente espresse dalle (16) e (17) e che richiederebbero una trattazione a parte se le si volesse dedurre dalle definizioni date (e dalle equazioni di Maxwell). Queste leggi permettono di esprimere la forza elettrica indotta \mathbf{K}_d — e non la forza elettrica totale \mathbf{K} , si noti — in funzione delle condizioni di moto e delle variazioni nel tempo dell'intensità delle sorgenti magnetiche del sistema (correnti e

Assunto positivo il flusso d'induzione quando è rivolto verso l'osservatore, e supposto:

$$(15) \quad \frac{d\Phi}{dt} > 0$$

la forza elettromotrice totale indotta nella spira, di valore

$$(16) \quad e = \frac{d\Phi}{dt}$$

farà circolare in senso orario una corrente di valore:

$$(17) \quad I = \frac{1}{R} \frac{d\Phi}{dt}$$

ove R è la resistenza totale della spira. La densità di corrente corrispondente, detto \mathbf{t} il vettore unitario tangente alla spira e rivolto nel verso di \mathbf{K}_d , e ΔS la sezione di questa (il diametro della sezione della spira sia trascurabile rispetto al diametro della spira stessa) è allora:

$$(18) \quad \mathbf{J} = \frac{I}{\Delta S} \mathbf{t} = \frac{1}{\Delta S \cdot R} \frac{d\Phi}{dt} \mathbf{t} = \frac{1}{r} \mathbf{K}_d$$

ove r è la resistività, uniforme, del conduttore.

Ma in generale è:

$$(19) \quad \mathbf{J} = \frac{1}{r} \mathbf{K} = \frac{1}{r} [\mathbf{K}_q + \mathbf{K}_d]$$

quindi in questo caso, in cui si è supposta uniforme la resistenza della spira è:

$$(20) \quad \mathbf{K}_q = 0$$

in tutti i punti interni alla spira ⁽⁹⁾. Pertanto, secondo la definizione di potenziale data nel paragrafo precedente, tutti i punti della spira sono equipotenziali. Un voltmetro che sia «protetto dall'induzione elettromagnetica», nel senso che si è detto nel paragrafo precedente, non deve dare alcuna indicazione; ed effettivamente non dà alcuna indicazione un voltmetro che sia inserito, come si è rappresentato in fig. 2, coi cordoni disposti radialmente in modo tale che per ogni elemento di essi sia

$$(21) \quad \mathbf{K}_d \cdot d\mathbf{s} = 0.$$

Questo fatto, già evidente per le considerazioni precedenti, può essere provato anche in questo modo.

L'indicazione di un voltmetro, inserito tra due punti

magneti); per questo non deve stupire il fatto che nel problema della spira circolare si supponga di conoscere la forza indotta e se ne deducano il campo totale e la sua componente elettrostatica.

⁽⁹⁾ È facile convincersi che nell'ipotesi che non esista distribuzione di cariche fuori della spira, il campo elettrostatico deve essere nullo anche nei punti esterni (fig. 3). Infatti, essendo \mathbf{K}_q nullo in tutti i punti interni alla spira, la densità di carica di volume relativa ad essi deve essere nulla. Un campo elettrostatico non nullo nei punti esterni può trarre origine soltanto da un sistema di cariche superficiali, positive e negative, il cui valore totale nell'ipotesi che non si sia precedentemente isolata sulla spira una carica di un qualunque segno, deve essere nullo. Ora le linee di campo del vettore \mathbf{K}_q , che devono necessariamente uscire dai punti di densità di carica positiva ed entrare in quelli di densità negativa, non possono andare direttamente dai primi ai secondi. Infatti una linea di campo che andasse, ad esempio, da A a B , potrebbe essere completata da un arco di linea qualunque tracciato nella spira, ove è, in tutti i punti, $\mathbf{K}_q = 0$; per cui essendo $\text{rot} \mathbf{K}_q = 0$, non potrebbe essere non nullo l'integrale curvilineo di \mathbf{K} lungo l'arco di linea esterna, come sarebbe necessariamente se l'arco AB (esterno) costituisse una linea di campo. Le linee di campo quindi, dovrebbero andare all'infinito ove dovrebbero esservi delle cariche di cui si è esclusa l'esistenza.

qualunque A e B della spira lungo un certo arco di linea (fig. 4), è:

$$(22) \quad T_{AB} = \int_{AB} \mathbf{K} \cdot d\mathbf{s} = \int_{AB} \mathbf{K} \cdot d\mathbf{s} + \frac{d\Phi_s}{dt}$$

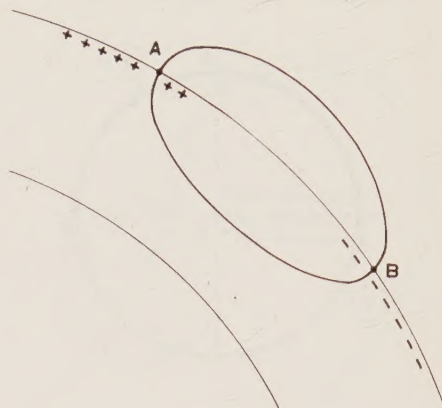


Fig. 3.

come si può ricavare dalla prima equazione di Maxwell, avendo indicato con $\Phi_s(t)$ il flusso d'induzione che attraversa l'area tratteggiata S . Ora è facile convincersi che colla disposizione radiale dei cordoni del voltmetro i due addendi a terzo membro della (22) sono uguali e di segno contrario sicché effettivamente è nulla la tensione elettrica lungo la spezzata AOB . Pertanto colla definizione assunta di differenza di potenziale tutti i punti della spira sono, nell'ipotesi di resistenza uniforme, equipotenziali; ed in particolare, rispondendo al quesito proposto dal giovane studioso, sono equipotenziali i due punti estremi

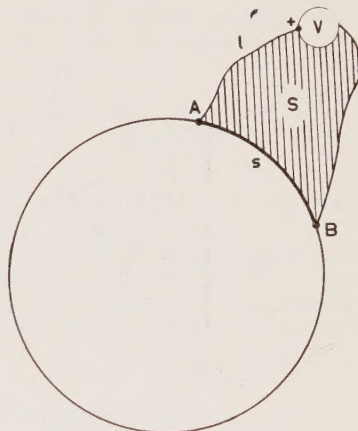


Fig. 4.

di un arco di 90° . Solo un voltmetro inserito fra quei due punti non correttamente per le definizioni che si sono date, può fornire una misura diversa da zero; in particolare, disponendo i cordoni aderenti alla spira (o esternamente ad essa se non vi è flusso d'induzione esterno) è possibile misurare, come esprime la (22), una grandezza $1/4 RI$ o $3/4 RI$ a seconda che i cordoni abbraccino un arco di 90° o di 270° (fig. 5).

5.2. - Spira di resistenza non uniforme.

Si supponga ora che la spira non sia di resistenza uniforme, ma sia caratterizzata da una resistenza per unità di lunghezza

$$(23) \quad R_1 = f(\alpha)$$

funzione, attraverso il parametro α , del punto A cui si

riferisce (fig. 6). Si supponga, per semplicità, costante la sezione ΔS della spira (di diametro trascurabile rispetto al diametro della spira stessa); sarà allora:

$$(24) \quad R_1(\alpha) = \frac{1}{\Delta S} r(\alpha)$$

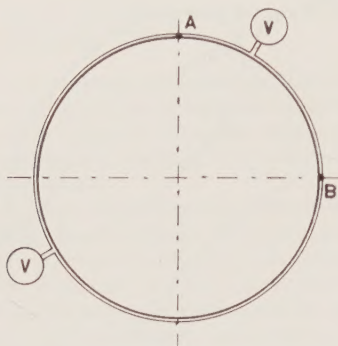


Fig. 5.

avendo indicato con $r(\alpha)$ la resistività del materiale, funzione ovviamente del punto cui si riferisce giacché si è supposta non uniforme la resistenza della spira pur essendo costante la sua sezione.

Pertanto, colle ipotesi fatte, detto \mathbf{t} il vettore tangente in ogni punto della spira, il campo elettrico è:

$$(25) \quad \mathbf{K} = r \mathbf{J} = r \frac{I}{\Delta S} \mathbf{t} = R_1(\alpha) I \mathbf{t}$$

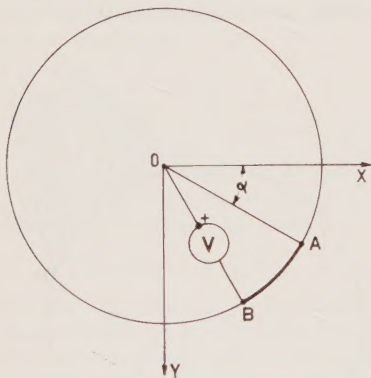


Fig. 6.

avendo indicato con I la corrente circolante esprimibile in funzione del flusso d'induzione concatenato colla spira e della resistenza totale R_t di essa, attraverso la

$$(26) \quad I = \frac{1}{R_t} \frac{d\Phi}{dt}$$

Si supponga che il campo magnetico soddisfi alle stesse ipotesi poste nel caso della spira di resistenza uniforme, sicché il campo elettrico indotto elettromagneticamente sarà in tutti i punti della spira

$$(27) \quad \mathbf{K}_d = \frac{1}{2\pi r} \frac{d\Phi}{dt} \mathbf{t}$$

Il campo elettrostatico sarà allora:

$$(28) \quad \mathbf{K}_e = \mathbf{K} - \mathbf{K}_d = \frac{d\Phi}{dt} \frac{1}{2\pi r} \left[\frac{R_1}{R_{1m}} - 1 \right] \mathbf{t}$$

avendo indicato con

$$(29) \quad R_{1m} = \frac{R_t}{2\pi r}$$

la resistenza media (per unità di lunghezza) della spira. Quindi la differenza di potenziale fra A e B vale ⁽¹⁰⁾:

$$(30) \quad V_{AB} = K_d \int_A^B \left[\frac{R_1}{R_m} - 1 \right] ds = \frac{d\Phi}{dt} \frac{1}{2\pi r} \int_A^B \left[\frac{R_1}{R_m} - 1 \right] ds$$

ed è esattamente la grandezza che è possibile misurare con un voltmetro inserito fra A e B coi cordoni disposti ancora radialmente.

5.3. - Spira di resistenza uniforme, non equipotenziale.

Nei due esempi precedenti si è fatta l'ipotesi che in ogni istante il vettore induzione magnetica, ortogonale in ogni punto al piano della spira, abbia lo stesso andamento su ogni raggio uscente dal centro di essa in modo da poter ritenere che le linee di campo della forza elettrica indotta \mathbf{K}_d siano, nel piano considerato, circonferenze concentriche colla spira.

Con questa ipotesi e secondo la definizione che si è data di potenziale del campo, si è dimostrato che tutti i punti di una spira a resistenza uniforme sono equipotenziali. Ci si può domandare ora se questa ipotesi sulla distribuzione dell'induzione magnetica sia necessaria perchè sia verificata la condizione che tutti i punti della spira siano equipotenziali.

Si supponga, ad esempio, che le linee di campo del vettore \mathbf{K}_d siano circonferenze che giacciono nel piano della spira ma che non sono concentriche con questa ⁽¹¹⁾ (fig. 7).

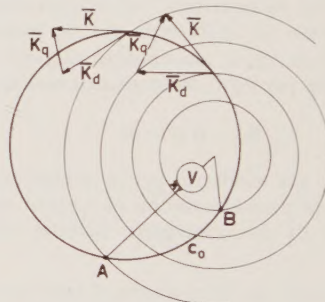


Fig. 7.

⁽¹⁰⁾ Si noti che perchè la formula (30) dia il risultato esatto in valore e segno bisogna integrare procedendo nel verso positivo (orario) da A a B se si vuole misurare la grandezza

$$V_{AB} = V_A - V_B.$$

⁽¹¹⁾ La determinazione del campo di induzione variabile che può generare il campo, che si suppone noto, delle forze elettriche indotte \mathbf{K}_d può essere fatta facilmente partendo dall'equazione di Maxwell

$$(31) \quad \text{rot } \mathbf{K}_d = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

Il problema di questa determinazione potrà essere semplificato supponendo la resistenza della spira così grande che si possa trascurare il campo magnetico generato dalla corrente circolante nella spira.

Sia noto il valore del vettore \mathbf{K}_d in ogni punto del piano; si potrà facilmente calcolare il valore della forza elettromotrice totale relativa alla spira come integrale circuitale di \mathbf{K}_d su di essa

$$(32) \quad e = \frac{d\Phi}{dt} = \int_{c_0} \mathbf{K}_d \cdot d\mathbf{s}.$$

Se ne dedurrà il valore della densità di corrente:

$$(33) \quad \mathbf{J} = \frac{1}{\Delta S} I \mathbf{t} = \frac{1}{\Delta S} \frac{e}{R_t} \mathbf{t}$$

e del campo elettrico

$$(34) \quad \mathbf{K} = r \mathbf{J}$$

in modo tale che per ogni punto della spira si potrà determinare, per differenza, il valore della componente elettrostatica

$$(35) \quad \mathbf{K}_q = \mathbf{K} - \mathbf{K}_d.$$

In generale, quindi, fra due punti A e B della spira esisterà una differenza di potenziale che sarà calcolabile come integrale curvilineo di \mathbf{K}_q fra A e B lungo c_0 e che dal punto di vista concettuale si potrà pensare di misurare con un voltmetro disponendo i suoi cordoni radialmente, come si è indicato in fig. 7, rispetto alle linee del campo indotto.

Questo procedimento di determinazione della componente \mathbf{K}_q può essere applicato alla risoluzione del problema più generale della determinazione della differenza di potenziale fra due punti di una spira molto sottile disposta lungo una linea c_0 qualunque in un campo di forze elettriche indotte \mathbf{K}_d noto ma di configurazione qualunque (fig. 8).

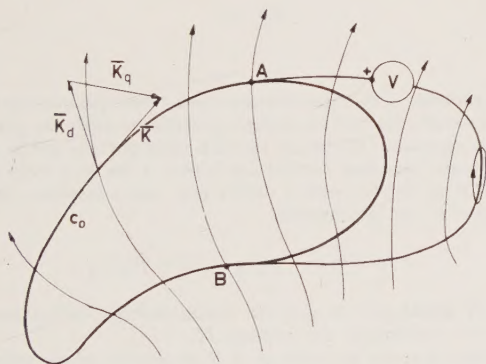


Fig. 8.

Questo procedimento consiste nel calcolare innanzitutto la forza elettromotrice totale:

$$(36) \quad e = \oint \mathbf{K}_d \cdot d\mathbf{s}$$

da cui è possibile dedurre, come si è fatto per la spira circolare, il valore della densità di corrente, del campo elettrico \mathbf{K} (che in generale, se la resistenza non è uniforme, non è più un vettore di modulo costante) e, per differenza, della componente elettrostatica

$$(37) \quad \mathbf{K}_q = \mathbf{K} - \mathbf{K}_d.$$

La differenza di potenziale fra due punti qualunque A e B sarà allora determinabile come integrale curvilineo di \mathbf{K}_q lungo l'arco di c_0 compreso fra A e B ; essa potrà essere misurata con un voltmetro disponendo opportunamente i suoi cordoni se la configurazione del campo indotto è del tipo indicato in fig. 8, per cui le linee di campo del vettore \mathbf{K}_d si chiudono intorno a un punto.

6. - IL CONCETTO DI POTENZA ELETTRICA - DIFFERENZE DI POTENZIALE VERE ED APPARENTI.

Il concetto di differenza di potenziale fra due punti A e B è intimamente connesso al concetto di potenza entrante nel bipolo che ha in A e B i suoi morsetti (fig. 9).

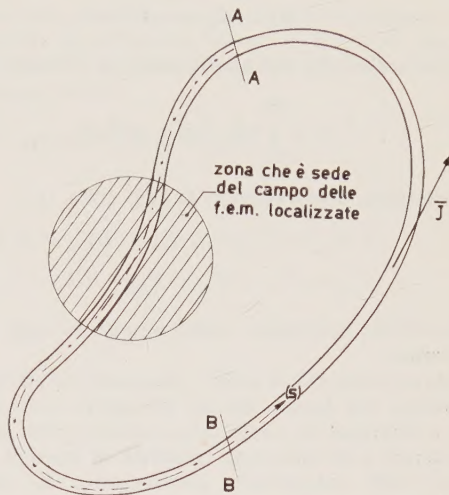


Fig. 9.

Si consideri infatti un tubo di flusso, di sezione molto piccola, del vettore \mathbf{J} densità di corrente elettrica; e si faccia riferimento ad una sua parte (ad esempio, quella di sinistra) compresa fra due sezioni estreme AA e BB . Si supponga, per maggior generalità, che il tubo di flusso penetri in una zona che è sede di un sistema di forze elettromotrici localizzate; di conseguenza il lavoro fatto da tutte le forze del campo (elettrico più impresso) su ogni carica $dq = Idt$ che attraversa quell'elemento di tubo da AA a BB è:

$$(38) \quad dL = dq \int_{AA}^{BB} (\mathbf{K} + \mathbf{K}_i) \cdot \mathbf{t} ds$$

ove \mathbf{t} è il vettore unitario tangente all'asse curvilineo (s) e rivolto nel suo verso positivo.

Ora, in generale, in presenza di forze elettromotrici indotte elettromagneticamente, il vettore campo elettrico \mathbf{K} è un vettore rotazionale; comunque sarà sempre possibile scomporlo nella somma di due componenti:

$$(39) \quad \mathbf{K} = \mathbf{K}_{ir} + \mathbf{K}_s$$

di cui la prima irrotazionale.

In particolare si potrà fare riferimento alla scomposizione:

$$(40) \quad \mathbf{K} = \mathbf{K}_q + \mathbf{K}_d$$

e introdurla nella (38) che diventerà allora, passando dai lavori alle potenze:

$$(41) \quad P = I \int_{AA}^{BB} \mathbf{K}_q \cdot \mathbf{t} ds + I \int_{AA}^{BB} \mathbf{K}_d \cdot \mathbf{t} ds + I \int_{AA}^{BB} \mathbf{K}_i \cdot \mathbf{t} ds.$$

Si potrà poi introdurre il potenziale (9) di \mathbf{K}_q nel primo addendo a secondo membro della (41), e definire forza elettromotrice indotta elettromagneticamente la quantità:

$$(42) \quad E_d = \int_{AA}^{BB} \mathbf{K}_d \cdot \mathbf{t} ds$$

e forza elettromotrice impressa la grandezza:

$$(43) \quad E_i = \int_{AA}^{BB} \mathbf{K}_i \cdot \mathbf{t} \, ds.$$

Inoltre ponendo nella (38)

$$(44) \quad \mathbf{K} + \mathbf{K}_i = r \mathbf{J}$$

ove r è la resistività del conduttore, si ottiene:

$$(45) \quad P = I \int_{AA}^{BB} r \mathbf{J} \cdot \mathbf{t} \, ds = R I^2$$

e, in definitiva, confrontando la (45) colla (41):

$$(46) \quad I (V_A - V_B) + I E_a + I E_i = R I^2$$

$$(47) \quad V_A - V_B + E_a + E_i = R I$$

la quale ultima costituisce, come è noto, la legge di Ohm generalizzata.

La (46) esprime che il lavoro dissipato per effetto Joule è la somma dei lavori dovuti alle forze elettromotrici indotte e impresse (e, come tali, messi in gioco dalle sorgenti esterne) e di una certa quantità di energia, dovuta al lavoro della componente elettrostatica \mathbf{K}_q , che possiamo ritenere scambiata fra i due bipoli in cui si è suddiviso il tubo di flusso. E infatti, essendo \mathbf{K}_q irrotazionale, alla potenza

$$(48) \quad I (V_A - V_B) = I \int_{AA}^{BB} \mathbf{K}_q \cdot \mathbf{t} \, ds$$

che si chiamerà « potenza entrante nel bipolo » di sinistra corrisponde una potenza, uguale e contraria:

$$(49) \quad I (V_B - V_A) = I \int_{BB}^{AA} \mathbf{K}_q \cdot \mathbf{t} \, ds$$

« entrante nel bipolo » di destra, e quindi una potenza uguale e dello stesso segno « uscente » dallo stesso bipolo.

Come esempio, si torni a considerare la spira circolare concatenata con un flusso d'induzione variabile.

Se la resistenza è uniforme (e il campo magnetico soddisfa a quelle determinate condizioni di simmetria di cui si è detto) tutti i punti della spira sono equipotenziali e quindi nessun arco AB di essa, interpretato come bipolo, riceve potenza entrante ai suoi morsetti A e B . L'energia dissipata per effetto Joule in ogni elemento della spira è tutta e sola l'energia dovuta alla forza elettromotrice indotta.

Se invece la spira non è a resistenza uniforme, in ogni arco AB di lunghezza As e resistenza media per unità di lunghezza:

$$(50) \quad R_{1AB} > R_{1m}$$

si dissipa per effetto Joule un'energia $R_{1AB} \cdot As \cdot I^2$ che è maggiore dell'energia introdotta dalla forza elettromotrice indotta e precisamente è la somma, come si può facilmente verificare, dell'energia dovuta alla forza elettromotrice indotta e dell'energia entrante $V_{AB} \cdot I \cdot \Delta t$, ove il valore di V_{AB} è dato dalla (30).

È importante osservare che, se nella (38), anziché introdurre la scomposizione (40), si fosse introdotta una diversa scomposizione del tipo della (39), si sarebbe arrivati ad una espressione finale del tipo della (46) dove però alcuni degli stessi simboli avrebbero indicato grandezze diverse. Si sarebbe scritto:

$$(51) \quad I (V_A^* - V_B^*) + I E_a^* + I E_i = R I^2,$$

ma:

$$(52) \quad V_A^* - V_B^* \neq V_A - V_B$$

e:

$$(53) \quad E_a^* \neq E_a.$$

Questo fatto dimostra chiaramente che non è possibile risolvere l'arbitrarietà della definizione del potenziale ricorrendo al concetto che gli è intimamente connesso della potenza entrante, in quanto la definizione di questa grandezza possiede lo stesso grado di arbitrarietà di quella. Si conosce la potenza dissipata in un bipolo ($R I^2$); si sa che una parte nota di questa ($E_i I$) è dovuta a un sistema di forze elettromotrici localizzate; ma la suddivisione dell'aliquota mancante al conguaglio delle potenze ($R I^2 - E_i I$) in potenza entrante ai morsetti e potenza messa in gioco dalle altre forze elettromotrici, è arbitraria nella stessa misura in cui è arbitraria la definizione di potenziale del campo (12).

(12) Questo fatto non deve stupire in quanto non è caratteristico dei problemi dell'Elettrotecnica.

Si pensi, ad esempio, al caso di una pompa che comanda un motore idraulico attraverso un circuito sviluppato in un piano verticale (fig. 10).

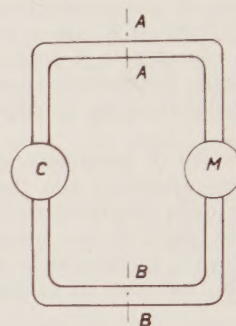


Fig. 10.

Per semplicità il circuito idraulico può essere pensato senza perdite e costituito da tubi di sezione costante in modo da poter trascurare le variazioni di energia cinetica della portata fluida. Allora, come potenza idraulica fornita dal bipolo a sinistra delle sezioni AA e BB al bipolo posto a destra può essere assunta, come generalmente si fa, la quantità

$$(54) \quad P = Q \{ [Z + p/\gamma]_A - [Z + p/\gamma]_B \}$$

che ha il significato di potenza somministrata dall'esterno alla pompa C e utilizzata nel motore M .

Ma come potenza entrante in AB si sarebbe anche potuto assumere la quantità:

$$(55) \quad P^* = Q \{ [p/\gamma]_A - [p/\gamma]_B \}$$

che è la potenza dovuta a tutte le forze esercitate sulla portata fluida, comprese le forze del campo gravitazionale.

Colla prima impostazione il bilancio delle potenze relativo al bipolo di utilizzazione si scrive, introducendo le perdite,

$$(56) \quad P = L + P_p$$

che ci dice che la potenza entrante nel bipolo d'utilizzazione è uguale alla somma della potenza L (erogata dal motore M) e della potenza delle resistenze passive P_p ; colla seconda si sarebbe scritto invece:

$$(57) \quad P^* = L^* + P_p$$

ove le quantità segnate coll'asterisco differiscono dalle corrispondenti quantità della (54) per il lavoro delle forze di quel particolare campo irrotazionale che è il campo gravitazionale.

È chiaro tuttavia che delle due soluzioni la prima è più conveniente in quanto riconduce immediatamente il calcolo delle potenze erogate od utilizzate nelle varie macchine del sistema al calcolo delle potenze entranti o uscenti nei vari elementi del circuito.

La scelta convenzionale di una scomposizione del tipo della (39) da introdurre nella (38) risolve l'arbitrarietà delle due definizioni; in particolare si sono esaminati i motivi per i quali tra le infinite scomposizioni possibili del tipo della (39), la (40) conduce alla più opportuna soluzione del problema. Senonchè tutte queste considerazioni valgono se il sistema è stazionario, in quanto, se questa ipotesi viene meno, il problema si ripropone. E infatti, in presenza di sistemi magnetici in moto, è possibile distinguere, come si è accennato nella nota (6), densità di cariche « vere », « apparenti » e « totali », per cui la stessa (9) può condurre alla definizione di grandezze

diverse a seconda che con q si indichi l'una o l'altra di queste densità di carica.

Corrispondentemente si potrà quindi distinguere differenze di potenziale e potenze entranti « vere », « apparenti » e « totali »; ma questo problema risulta troppo complesso per rientrare nei limiti modesti di questa trattazione.

Lo scrivente desidera esprimere qui il proprio vivo ringraziamento ai professori Sartori e Marenesi per l'incoraggiamento e i preziosi consigli avuti nello svolgimento del presente lavoro.

Manoscritto pervenuto l'11 aprile 1960.

SULLA STABILITÀ DEI COLLEGAMENTI TELEFONICI

TAMBURELLI GIOVANNI (*)

Collo sviluppo delle reti telefoniche teleselettive diventa di estrema importanza assicurarsi che un collegamento telefonico, costituito da numerosi circuiti in cascata, sia sicuramente stabile. Poichè un circuito telefonico si può, in generale, considerare un quadripolo attivo, si è sviluppata la teoria di tale tipo di quadripolo, partendo dai risultati già noti, in relazione alla costituzione degli attuali e futuri circuiti telefonici, in modo da giungere alla determinazione delle caratteristiche che deve avere un circuito telefonico per risultare sicuramente stabile nelle varie possibili condizioni di esercizio.

Applicando i risultati conseguiti si sono inoltre determinate le condizioni di stabilità da applicare ai vari tipi di circuito e le relative attenuazioni minime compatibili colla stabilità.

1) SUL CRITERIO DI STABILITÀ DA ADOTTARE.

Le reti di comunicazioni telefoniche hanno avuto in questi ultimi anni uno sviluppo intensissimo, che si è manifestato sia come estensione sia come evoluzione dei vari tipi di collegamenti; pertanto un collegamento telefonico può risultare oggi costituito da numerosi circuiti, di tipo alquanto eterogeneo, collegati in cascata. Ora coll'estendersi della rete telefonica, diventa necessario assicurarsi che tutti i possibili collegamenti telefonici siano sicuramente stabili, nel senso che non diventino sede di oscillazioni.

Lo studio della stabilità generale di un circuito, considerato come un quadripolo, è stato affrontato da vari autori e i due articoli più caratteristici sono forse quelli di Llewellyn (1) e Moulon (2), dei quali il primo determina essenzialmente le condizioni da imporre all'attenuazione e il secondo essenzialmente le condizioni da imporre all'impedenza al fine di garantire la stabilità. Ma il rapido evolversi delle reti telefoniche rende quasi indispensabile il riesame del problema della stabilità soprattutto in relazione alla possibilità di attuare collegamenti con numerosi circuiti eterogenei in cascata e all'uso di nuovi tipi di circuiti.

Il primo problema da considerare riguardo alla stabilità è quello di stabilire in una forma semplice, che permetta una facile verifica pratica, la condizione cui devono soddisfare i vari circuiti affinché, comunque vengano connessi in cascata tra loro, la stabilità risulti assicurata.

In proposito una soluzione è offerta dal seguente teorema:

« Condizione necessaria e sufficiente affinché qualunque collegamento, formato collegando in cascata dei circuiti, risulti sicuramente stabile è che ciascuno dei circuiti componenti risulti singolarmente stabile allorché venga chiuso ad entrambi gli estremi su qualunque impedenza con parte reale positiva » (3).

(*) Dr. Ing. GIOVANNI TAMBURELLI, della S.T.I.P.E.I. - Torino.

(1) F. B. LLEWELLYN: *Some Fundamental Properties of Transmission Systems*. - « P.I.R.E. », 1925, pag. 271.

(2) J. M. MOULON: *La Stabilité Intrinsèque: Conditions de l'Équivalence d'un Quadripôle Contenant des Éléments Actifs à un Quadripôle Passif*. - « Cables & Transmission », aprile 1954, pag. 153.

(3) Questa condizione di stabilità nella letteratura francese viene chiamata « intrinseca ».

Colla dizione « sicuramente stabile », che verrà usata anche in seguito, si intende indicare che il circuito è stabile per tutti i possibili valori dei parametri in gioco compatibili con la condizione espressa dal teorema.

Per dimostrare che la suddetta condizione è sufficiente, si comincerà a far vedere che un circuito ad essa soddisfacente, chiuso su una qualunque impedenza a parte reale positiva, presenta un'impedenza con una parte reale che non può essere negativa.

Infatti si consideri un circuito avente un'impedenza, rappresentata in fig. 1, che presenta a certe frequenze una parte reale negativa; è evidente che aggiungendo

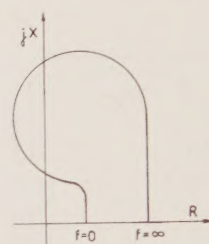


Fig. 1. — Impedenza di un circuito con parte reale negativa in una banda di frequenza.

una reattanza in serie, avente qualunque valore, cambiato di segno, compreso tra A e B, la curva luogo dell'impedenza diventa del tipo di quella di fig. 2 (2), in cui è supposto che la reattanza sia costituita semplicemente da un condensatore. Per un noto teorema sulle funzioni analitiche (4), l'impedenza di fig. 2 presenta almeno uno zero per una frequenza complessa con parte reale positiva e quindi, se posta in corto circuito, darà luogo ad un innesco di oscillazioni di ampiezza crescente, che si stabilizzeranno per effetto della non linearità di qualche parametro.

Chiudere il circuito su una reattanza equivale appunto a porre in serie alla sua impedenza la reattanza stessa e chiudere l'impedenza totale in cortocircuito.

Resta quindi dimostrato che un circuito « intrinsecamente » stabile non può presentare un'impedenza con parte reale negativa.

Poichè i circuiti estremi dell'intero collegamento sono chiusi in ogni caso sull'impedenza di un circuito urbano o di una centrale, che sono ovviamente a parte reale positiva, ciascun circuito risulta chiuso su impedenze a parte reale positiva e quindi, per ipotesi, risulta stabile.

Per dimostrare che la suddetta condizione è necessaria, occorre far vedere che se esiste una coppia di impedenze di terminazione per cui il circuito è instabile tale coppia di impedenze può presentarsi in esercizio.

In effetti vi possono essere dei valori delle impedenze di chiusura, per cui il circuito innesca, che non si manifestano mai in esercizio. Tali valori però, in generale, non sono noti a priori. Quindi se si vuole essere certi che il circuito non inneschi, la condizione espressa dal teorema deve essere ritenuta necessaria.

Per una nota proprietà delle funzioni analitiche (5), è

(4) Vedasi per es. W. BODE: *Network Analysis and Feedback Amplifier Design*. D. Van Nostrand - New York, 1952, pag. 149.

(5) Vedasi per es.: loc. cit. nota (4), pag. 169. Secondo tale teo-

però sufficiente effettuare la verifica della stabilità con chiusura su qualunque reattanza, per essere sicuri che il circuito rimanga stabile con chiusura su qualunque impedenza a parte reale positiva.

2) LIMITAZIONI IMPOSTE ALL'IMPEDENZA E ALL'ATTENUAZIONE.

A questo punto viene naturale chiedersi quali sono le caratteristiche cui deve soddisfare un circuito telefonico al fine di risultare stabile allorché viene chiuso su qualunque reattanza. Queste caratteristiche si traducono in limitazioni che si possono riferire sia all'impedenza sia all'attenuazione del circuito. Si comincerà a considerare le limitazioni imposte all'impedenza.

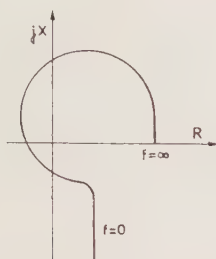


Fig. 2. — Impedenza di fig. 1 in cui è stata aggiunta una reattanza capacitiva in serie in modo da farle presentare almeno uno zero per una frequenza complessa con parte reale positiva.

Si è già visto come un circuito intrinsecamente stabile non possa presentare un'impedenza con parte reale negativa; questa quindi è una condizione necessaria. Le condizioni necessarie e sufficienti sono espresse dal seguente teorema:

« Condizione necessaria e sufficiente affinché un circuito risulti stabile, allorché venga chiuso ad entrambe le coppie di morsetti su una qualunque reattanza, è che l'impedenza di una coppia di morsetti con l'altra coppia nelle suddette condizioni di chiusura non presenti, al variare della frequenza, parte reale negativa, e che il circuito risulti stabile almeno per una coppia di impedenze terminali ».

Si rimanda all'articolo citato nella nota (2) per la dimostrazione completa di questo teorema. Poiché all'atto pratico la condizione di terminazione da attuare più frequentemente è quella a morsetti aperti, ci limiteremo a enunciare il seguente corollario:

« Condizione necessaria e sufficiente affinché un circuito risulti stabile, allorché venga chiuso ad entrambe le coppie di morsetti su una qualunque reattanza, è che l'impedenza di una coppia di morsetti con l'altra coppia nelle suddette condizioni di chiusura non presenti, al variare della frequenza, parte reale negativa, e che il circuito risulti stabile con i morsetti aperti ad entrambi i terminali ».

Per determinare le condizioni limitative imposte all'attenuazione dalla suddetta condizione generale di stabilità si esamina la seguente espressione dell'attenuazione composta di un circuito telefonico (1):

$$(I) \quad A_{21} = \alpha_{i21} + \log_e \left| \frac{Z_{21}}{Z_{11}} \right| - \frac{1}{2} \log_e |I - r_1^2| - \frac{1}{2} \log_e |I - r_2^2| + \log_e |I - r_1 r_2 e^{-2\Gamma_i}|$$

dove $\Gamma_i = \alpha_i + j \beta_i$ è la media delle costanti di propa-

rema il valore minimo della parte reale dell'impedenza, e quindi il suo massimo valore negativo, deve manifestarsi con chiusura dei terminali opposti su una reattanza, che rappresenta quindi la peggiore terminazione per la stabilità.

gazione immagini nei due versi di trasmissione, r_1 e r_2 i due coefficienti di riflessione alle due coppie di morsetti estreme tra le impedenze immagini del circuito e le impedenze di terminazione, e Z_{12} e Z_{21} sono le note impedenze della matrice di un quadripolo attivo. Si conviene che, in seguito, se non sarà diversamente specificato, con « costante di propagazione immagine », « attenuazione immagine », « costante di fase immagine » ed « attenuazione equivalente » (« equivalente ») verranno rispettivamente indicati i valori medi che tali costanti assumono nei due versi di trasmissione.

Affinché il circuito telefonico risulti stabile, occorre che ciascuno dei termini della (1) sia tale da non dar luogo ad un'attenuazione negativa infinita per nessuna frequenza complessa avente parte reale positiva. Supponendo che le impedenze immagini del circuito, come succede nella stragrande maggioranza dei casi, abbiano parte reale positiva (6), il 3° ed il 4° termine della (1) non possono avere infiniti negativi; la somma dei primi due termini può avere infiniti negativi, se ovviamente l'attenuazione immagine non assume valori infiniti negativi, solo se il rapporto Z_{21}/Z_{12} presenta un infinito e contemporaneamente il prodotto Z_{12} e Z_{21} presenta uno zero (7) (tale prodotto figura anche nell'espressione dell'impedenza immagine), ma, come si può facilmente constatare in base al significato di Z_{12} e Z_{21} , questa eventualità per un circuito telefonico si può praticamente escludere; l'unico termine che può dar luogo ad instabilità è quindi l'ultimo.

Dato che, nelle ipotesi suddette, l'espressione sotto il segno di logaritmo di questo termine non può presentare evidentemente dei poli, per un noto teorema sulle funzioni analitiche si può affermare che:

« Un circuito telefonico, avente le impedenze immagini con parte reale positiva ed un guadagno immagine senza infiniti nel piano complesso della frequenza, è stabile se l'andamento dell'espressione:

$$I - r_1 r_2 e^{-2\Gamma_i},$$

in funzione della frequenza reale, non racchiude l'origine degli assi ».

Analiticamente la condizione di stabilità può essere espressa imponendo che l'equazione:

$$(2) \quad I - r_1 r_2 e^{-2\Gamma_i} = 0$$

non presenti radici nel semipiano di destra della frequenza complessa.

3) CONDIZIONI DI STABILITÀ SEMPLIFICATE.

Viene da chiedersi se in pratica non si può proprio mai fare a meno di imporre che i circuiti risultino stabili con chiusura su qualunque reattanza. In effetti nel caso di circuiti destinati a trovarsi in posizione estrema o quasi della catena interurbana, si potrebbe individuare abbastanza facilmente il campo dei valori che possono assumere le impedenze di chiusura e semplificare la condizione di stabilità. Sino a qualche anno fa le linee urbane, che costituiscono la parte terminale del collegamento interurbano, erano completamente passive, mentre attualmente vengono amplificate con impedenze negative ed equipaggiate con sistemi in A.F. adatti per linee di giunzione urbana o con sistemi di tipo rurale per gli abbonati rurali. Per questi circuiti potrebbe risultare estremamente vantaggioso, anche dal punto di vista economico, usufruire per le terminazioni di condizioni di stabilità semplificate. Una condizione di stabilità che risulta molto semplice da applicare è quella di verificare la stabilità a

(6) Attribuendo all'impedenza immagine una parte reale positiva si intende che essa abbia le proprietà di un'impedenza passiva a tutte le frequenze, prescindendo dall'altro valore, matematicamente possibile, semplicemente cambiato di segno.

morsetti aperti. In effetti il C.C.I.T.T. considera semplicemente tale tipo di stabilità.

In proposito, in base alla (2), si può innanzitutto osservare che:

« Un circuito che abbia impedenze immagini puramente reali positive ed un'attenuazione immagine positiva è sicuramente stabile con i terminali estremi chiusi su qualunque impedenza a parte reale positiva ».

La considerazione di impedenza immagine reale positiva presenta un certo interesse, sia perchè i circuiti interurbani hanno l'impedenza immagine nominale che è puramente resistiva (600 ohm), sia perchè si mettono in evidenza i vantaggi di tale tipo di impedenza.

Verificare che l'attenuazione immagine, da non confondersi con l'equivalente, sia sicuramente positiva a tutte le frequenze può risultare però poco agevole; d'altra parte se la costante di fase varia molto rapidamente colla frequenza reale, nella condizione di morsetti aperti, in cui $r_1 = r_2 = 1$, in base alla (2) risulta che il circuito per rimanere stabile deve avere, praticamente, l'attenuazione immagine maggiore di zero.

Si può quindi affermare che:

« Un circuito, avente costante di fase che varia rapidamente colla frequenza ed impedenze immagini reali positive, se risulta stabile a morsetti aperti risulta pure quasi certamente stabile chiuso su qualunque impedenza a parte reale positiva ».

In sostanza in base alla (2) risulta che, se le impedenze immagini sono reali positive, colla stabilità a morsetti aperti si viene a verificare che l'attenuazione immagine è positiva per tutte le frequenze per cui la costante di fase è uguale a 180° o a multipli di 180° ; verificando la stabilità anche con i morsetti aperti in un terminale ed in corto circuito nell'altro ($r_1 = -1$, $r_2 = 1$ e viceversa) si viene a verificare anche la stabilità per le frequenze per cui la costante di fase è multipla dispari di 90° .

Volendo però essere certi matematicamente che un circuito con impedenze immagini reali positive sia « intrinsecamente » stabile a tutte le frequenze, basta verificare la stabilità con i morsetti aperti od in cortocircuito in un terminale e chiusi su qualunque reattanza nel terminale opposto. In queste condizioni infatti r_1 od r_2 , pur mantenendo il modulo uguale ad 1, viene ad assumere a ciascuna frequenza tutti i valori possibili della fase, ed in tal modo il termine

$$r_1 r_2 e^{-2\Gamma_i}$$

viene certamente ad assumere il valore

$$e^{-2\alpha_i}$$

e quindi se il circuito è stabile significa che l'attenuazione immagine è sicuramente positiva.

Si può concludere che:

« Un circuito avente impedenze immagini reali positive, stabile con una coppia di morsetti aperti od in cortocircuito e l'altra coppia di morsetti chiusi su qualunque reattanza, è pure "intrinsecamente" stabile ».

È importante porre in evidenza come le quattro combinazioni di morsetti aperti ed in cortocircuito ai due terminali estremi risultino in parte equivalenti: infatti, se le impedenze immagini hanno parte reale positiva il primo membro della (2) non muta passando dalla condizione in cui $r_1 = r_2 = 1$ (morsetti aperti) a quella in cui $r_1 = r_2 = -1$ (morsetti in cortocircuito), e dalla condizione in cui $r_1 = 1$, $r_2 = -1$ a quella in cui $r_1 = -1$, $r_2 = 1$.

È pure interessante determinare queste due equivalenze in base all'andamento delle curve d'impedenza al variare della frequenza reale.

Indicando con Z_c l'impedenza con i morsetti opposti in cortocircuito e con Z_a l'impedenza con i morsetti opposti aperti, se l'impedenza immagine è reale positiva ($Z_i = R_i$), vale la relazione:

$$R_i^2 = Z_a Z_c$$

da cui:

$$(3) \quad \arg Z_c = -\arg Z_a.$$

Ne consegue che se la curva luogo di Z_a al variare della frequenza non avvolge l'origine, lo stesso succede per la curva luogo di Z_c ; inoltre se la curva luogo di Z_a avvolge l'origine nel verso orario o antiorario, Z_c avvolge l'origine rispettivamente in senso antiorario e viceversa. Ma le stesse proprietà valgono anche nel caso in cui l'impedenza immagine presenti un certo argomento compreso tra $+90^\circ$ e -90° , esclusi i valori estremi. Infatti ovviamente vale la relazione:

$$(4) \quad \arg Z_a = -\arg Z_c + \arg Z_i^2.$$

L'argomento di Z_i fa semplicemente ruotare i punti della curva Z_c di un angolo compreso tra $+180^\circ$ e -180° , esclusi i limiti estremi, e non può quindi far entrare o uscire l'origine degli assi dalla superficie racchiusa dalla curva di Z_a ricavabile calcolando l'argomento colla (3).

In altre parole si può dire che facendo l'integrale definito rispetto alla frequenza reale tra $-\infty$ e $+\infty$ di entrambi i membri della (4):

$$\int_{-\infty}^{+\infty} \arg Z_a df = - \int_{-\infty}^{+\infty} \arg Z_c df + \int_{-\infty}^{+\infty} \arg Z_i^2 df$$

poichè Z_i ha parte reale positiva il secondo termine del secondo membro risulta nullo, quindi gli angoli complessivi di rotazione di Z_a e di Z_c sono uguali e di segno opposto.

Si può quindi affermare che:

« Un circuito con impedenza immagine con parte reale positiva in tutta la banda di frequenze trasmessa, stabile o instabile a morsetti aperti, è rispettivamente stabile o instabile anche con i morsetti estremi in cortocircuito. Inoltre un circuito, stabile o instabile con i morsetti aperti ad un estremo ed in cortocircuito nell'altro estremo, è pure rispettivamente stabile o instabile invertendo tali condizioni di chiusura tra i due estremi ».

Consegue da questo enunciato che un circuito stabile con i morsetti aperti ed instabile con i morsetti in cortocircuito, o viceversa, ha le impedenze immagini con parte reale negativa.

4) IMPEDENZE DI TERMINAZIONE COMPATIBILI COLLA STABILITÀ.

Le impedenze dei circuiti telefonici hanno spesso una fase sensibile che non può essere trascurata. Dalla (2) risulta che, se le impedenze immagini del circuito hanno parte reale positiva ma fase non nulla, il circuito può innescare anche se l'attenuazione immagine è positiva. Infatti in tale condizione r_1 e r_2 possono assumere, chiudendo i morsetti del circuito su adeguate impedenze, un modulo maggiore di 1.

Nell'articolo citato (1) è stato determinato il valore minimo dell'attenuazione immagine compatibile con una determinata fase dell'impedenza immagine, ma un problema pure importante per la pratica è quello di determinare il campo di esistenza delle impedenze di terminazione, corrispondente ad una determinata fase delle impedenze immagini e ad un'attenuazione immagine nulla, che lascia il circuito stabile.

Può essere anzi interessante risolvere prima un altro problema: determinare le condizioni cui deve soddisfare il circuito al fine di garantire la stabilità con chiusura su qualunque resistenza positiva. In tal modo si viene a considerare la situazione ideale, conveniente come si vedrà per la stabilità, in cui i circuiti presentano impedenze puramente resistive.

Dall'esame della (2) risulta che condizione necessaria e sufficiente affinché un circuito, avente impedenze im-

magini con parte reale positiva, risulti stabile con chiusura su qualunque resistenza è che siano attuate le seguenti due caratteristiche:

1) Stabilità a morsetti aperti od in corto circuito assieme ad una delle due condizioni di stabilità a morsetti aperti in un terminale e chiusi in corto circuito nell'altro.

2) Impedenza immagine reale positiva.

Oppure la seguente altra caratteristica:

3) Attenuazione immagine positiva.

Resta in tal modo spiegabile come in pratica succeda talvolta che un circuito telefonico stabile in tutte le combinazioni di morsetti aperti ed in corto circuito inneschi se chiuso su resistenze di circa 600 ohm. Basta infatti che l'impedenza immagine abbia fase non nulla e che l'attenuazione immagine diventi negativa perchè sia possibile un innesco di oscillazioni.

Verificata la condizione 3) (7), il circuito resta però stabile anche con chiusure non puramente resistive. Infatti supponendo che, al limite, l'attenuazione immagine sia nulla e che le due impedenze immagini abbiano la stessa fase φ_i si può constatare, in base alla (2), che la stabilità risulta garantita con qualunque impedenza di chiusura avente fase compresa tra 90° e $\varphi_i - 90^\circ$, se φ_i è positivo, e tra -90° e $90^\circ + \varphi_i$ se φ_i è negativo (8). Si può quindi affermare che:

«Un circuito avente impedenza immagine con fase compresa tra φ_i e $-\varphi_i$ ($90^\circ > \varphi_i > -90^\circ$), ed attenuazione immagine positiva, che risulti stabile in tutte le combinazioni di morsetti aperti ed in corto circuito, è pure stabile con i morsetti chiusi su qualunque impedenza avente fase compresa tra $90^\circ - \varphi_i$ e $-90^\circ + \varphi_i$ ».

Il campo di esistenza delle impedenze di chiusura che lasciano il circuito stabile è quindi quello parzialmente tratteggiato in fig. 3, dove le semirette a tratti ed a linea spessa continua delimitano i campi di esistenza sopradescritti rispettivamente corrispondenti a φ_i e a $-\varphi_i$.

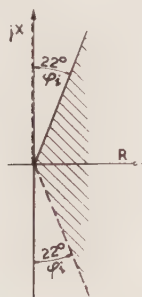


Fig. 3. — Campi di esistenza delle impedenze di terminazione (parzialmente tratteggiato) che lasciano stabile un circuito caratterizzato da una impedenza immagine con fase di 22° ed un'attenuazione immagine nulla o positiva.

Se le fasi delle due impedenze immagini sono diverse, si può constatare che il circuito rimane stabile se le impedenze di chiusura delle due terminazioni sono comprese nel campo della fig. 3, relativo a ciascuna fase.

In base alla (2) si può anche affermare che:

«Un circuito, stabile con i morsetti chiusi su tutti i possibili valori di reattanza in un terminale e a morsetti aperti ed in corto circuito nell'altro, avente impedenza immagine con parte reale positiva ed attenuazione immagine positiva, risulta pure stabile con i morsetti del

(7) Se la costante di fase del circuito varia molto rapidamente colla frequenza, la condizione (3) può essere praticamente sostituita dalla sola condizione (1).

(8) In effetti il circuito risulta pure stabile con chiusura sulle impedenze con parte reale negativa appartenenti al semipiano di destra che, nei due casi di φ_i positivo e negativo, si ottiene nella fig. 3 prolungando la semiretta che forma un angolo minore di 90° con l'asse reale.

secondo terminale chiusi su qualunque impedenza appartenente al campo di esistenza della fig. 3, relativo alla fase dell'impedenza immagine di tale terminale».

Facendo riferimento ad un circuito per frequenze vettrici avente coefficiente di riflessione tra le impedenze immagini ed una resistenza di 600 ohm pari a 0,2, cui corrisponde fase compresa tra $\pm 22^\circ$, i suddetti campi di esistenza delle impedenze assumono proprio l'aspetto indicato nella fig. 3.

Riguardo alle impedenze di chiusura che un canale in A.F. può trovare in esercizio, si può osservare che nella rete urbana l'impedenza media dei circuiti di utente chiamante e chiamato ha l'andamento indicato in fig. 4 (9),

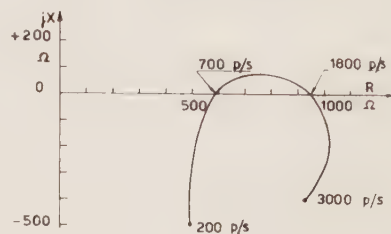


Fig. 4. — Impedenza media dei circuiti di utente chiamante e chiamato.

che quindi rimane nei limiti indicati nella fig. 3. Occorrerebbe però, naturalmente, conoscere anche la dispersione dei valori di tale impedenza.

Ma pur supponendo che le impedenze della rete urbana rimangano sicuramente nei limiti indicati nella fig. 3, un canale in A.F., caratterizzato da un coefficiente di riflessione di 0,2 nel modo suddetto e da un'attenuazione immagine nulla, chiuso su impedenze comprese in tali limiti, può presentare a sua volta un'impedenza appena compresa entro i limiti indicati in fig. 5 e quindi tale da produrre facilmente instabilità in caso di connessione in cascata con un altro canale in A.F.

Naturalmente questo pericolo non sussisterebbe se le impedenze immagini dei canali collegati in cascata fossero uguali, dato che, in tal caso, la catena dei quadripoli

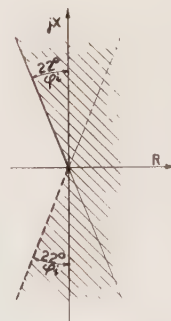


Fig. 5. — Campo di esistenza delle impedenze presentate da un circuito unicamente stabile con impedenza di chiusura appartenenti al campo di fig. 3.

si comporterebbe come un unico quadripolo avente le stesse impedenze immagini dei quadripoli componenti; in pratica però i circuiti che vengono a trovarsi collegati in cascata sono generalmente diversi.

Il canale dovrebbe quindi esso stesso presentare impedenza compresa entro i limiti di fig. 3, ed è quindi interessante determinare quale dovrebbe essere l'impedenza di chiusura ai morsetti opposti per soddisfare a questa

(9) F. SOZZANI: *Considerazioni circa l'Effetto dei Circuiti di Giunzione delle Reti Urbane Policentriche sulla Trasmissione Telefonica*. - «Poste e Telecomunicazioni», luglio 1950.

condizione. Risulta, come si può constatare, che l'impedenza di chiusura dovrebbe essere compresa nel cerchio superiore di fig. 6 per $\varphi_i = +22^\circ$ e nel cerchio inferiore della stessa figura per $\varphi_i = -22^\circ$. Nel caso in cui φ_i è comunque compresa tra $\pm 22^\circ$, l'impedenza di chiusura dovrebbe quindi essere compresa nella zona tratteggiata comune ai due cerchi. Si tratta evidentemente di una zona troppo ristretta per essere rispettata in pratica. Per collegamenti costituiti da 3 circuiti in A.F. in cascata il campo di esistenza delle impedenze di chiusura, che assicura la stabilità, è dato dalla zona tratteggiata di fig. 6 per entrambi i terminali, mentre con più di 3 circuiti in cascata, con attenuazione immagine nulla, non esiste più alcuna impedenza di terminazione in grado di assicurare la stabilità.

Si noti che l'impedenza presentata dal canale, chiuso su impedenze comprese nella zona tratteggiata di fig. 6, risulta compresa nei bordi esterni della zona costituita dai due cerchi della stessa fig. 6.

Appare evidente che per conseguire un'adeguata stabilità risulta necessario rendere maggiore di zero l'attenuazione immagine. Infatti al crescere dell'attenuazione immagine le due semirette, che delimitano il campo di impedenza di fig. 3, tendono a ruotare avvicinandosi all'asse verticale, che viene raggiunto per un valore dell'attenuazione immagine calcolabile in base alla (2) e che

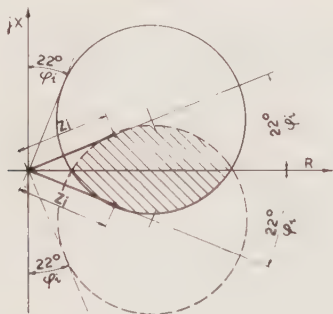


Fig. 6. — Campo di esistenza (tratteggiato) delle impedenze di chiusura che fanno assumere ad un canale in A.F. un'impedenza sicuramente compresa nei limiti di fig. 3.

verrà indicato nel paragrafo successivo. Corrispondentemente anche le due semirette limiti della fig. 5 ruotano fino a coincidere coll'asse verticale. In tal modo si viene evidentemente ad attuare la condizione di stabilità « intrinseca ». Si noti che, spostandosi, le due semirette della fig. 5 rappresentano solo più la massima fase e non l'intero campo di esistenza, in particolare l'impedenza presentata dal canale nella condizione di stabilità intrinseca e chiuso su qualunque impedenza con parte reale positiva risulta compresa nella zona delimitata da ciascuno dei due cerchi indicati in fig. 7.

La stabilità « intrinseca » risulta quindi indispensabile per un circuito destinato a funzionare tra circuiti attivi.

Si osserva che, anche un circuito stabile con chiusura su qualunque reattanza in un terminale e con i morsetti aperti ed in corto circuito nell'altro, presenta nel primo terminale un'impedenza compresa nei limiti della fig. 7 (bordo esterno), se nel secondo terminale l'impedenza di chiusura è compresa nei limiti della fig. 3.

Si può concludere che per i vari tipi di circuito si debbono, in generale, richiedere le seguenti condizioni di stabilità:

— Circuiti destinati a funzionare tra circuiti attivi: stabilità « intrinseca ».

— Circuiti destinati a funzionare tra circuiti passivi di due reti urbane o di una stessa rete urbana: stabilità a morsetti aperti o, preferibilmente, nelle varie combinazioni di morsetti aperti ed in corto circuito.

— Circuiti destinati a funzionare tra circuiti passivi di una rete urbana e circuiti attivi: stabilità con i morsetti

aperti ed in corto circuito nel terminale lato rete urbana e con chiusura su qualunque reattanza nel terminale opposto.

5) EQUIVALENTE MINIMO.

Un problema di grande importanza pratica è certamente quello di determinare l'equivalente minimo cui

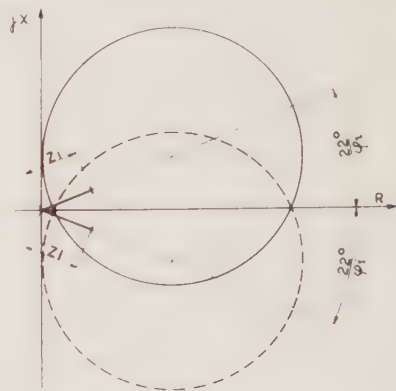


Fig. 7. — Campo di esistenza (delimitato da ciascuno dei due cerchi) dell'impedenza presentata da un canale in A.F., dotato di stabilità intrinseca.

può essere portato un circuito compatibilmente colla stabilità. In questo paragrafo verrà esaminato questo problema prescindendo dai margini di stabilità che occorre lasciare per tener conto delle variazioni delle caratteristiche del circuito nel tempo.

Si comincerà a considerare il caso in cui il circuito presenta un'impedenza immagine puramente reale. Si supporrà inoltre che la frequenza di minima attenuazione immagine sia uguale a quella di minimo equivalente.

Come sopraddeito, l'attenuazione immagine minima, che in condizione di stabilità intrinseca può presentare un circuito con impedenza immagine reale positiva, è zero; pertanto indicando con d lo scarto massimo negativo dell'equivalente rispetto al valore a 800 p/s e con r_1 e r_2 i due coefficienti di riflessione rispetto a 600 ohm presentati alla frequenza di attenuazione zero dalle due impedenze immagini del circuito, in base alla (1) l'equivalente minimo a 800 p/s risulta dato da:

$$q_m = d \cdot \left[-\log_e |1 - r_1^2| - \frac{1}{2} \log_e |1 - r_2^2| - \log_e |1 - r_1 r_2 e^{-j2\beta_d}| \right]$$

Prendendo in considerazione un circuito per frequenze vettrici soddisfacente agli attuali capitolati, d potrà al massimo risultare 0,1 Np ed r_1 e r_2 potranno al massimo risultare circa 0,2. Quindi tenuto conto che per la frequenza di minimo equivalente può risultare:

$$r_1 r_2 e^{-j2\beta_d} = -1,$$

l'equivalente minimo di tale circuito a 800 p/s potrà essere compreso tra 0 e 0,18 Np.

Si può constatare che se la frequenza di minima attenuazione immagine non coincide con quella di minimo equivalente il valore minimo dell'equivalente a 800 p/s risulta ridotto.

Tuttavia, se non sono imposti particolari vincoli alle curve di risposta, oltre a quello di soddisfare agli attuali capitolati, un canale per frequenze vettrici con impedenze immagini reali e positive non dovrebbe assumere un equivalente inferiore a 0,18 Np.

Un tipico circuito che si può ritenere caratterizzato da un'impedenza immagine reale positiva è il circuito pupinizzato amplificato in B.F. Per questo tipo di circuito,

poichè all'atto dell'installazione si può agire sull'equalizzatore dell'amplificatore, si può fare in modo che d sia nullo e che l'attenuazione immagine sia nulla proprio a 800 p/s. Poichè è inoltre relativamente facile, per tale tipo di circuito, rendere il coefficiente di riflessione a 800 p/s molto piccolo, si può concludere che praticamente l'equivalente minimo conseguibile è zero.

Se l'impedenza immagine presenta una fase anche solo di qualche grado, l'equivalente minimo compatibile colla stabilità intrinseca subisce un sensibile aumento. Ciò è una conseguenza del valore maggiore di 1 che possono assumere r_1 e r_2 se la fase dell'impedenza immagine è diversa da zero.

L'andamento di r_1 e r_2 al variare della reattanza di chiusura è dato da un cerchio che, se l'impedenza immagine è complessa, ha raggio maggiore di uno e centro disposto sul semiasse immaginario positivo. Alcuni di questi cerchi sono, per esempio, riportati in fig. 5 dell'articolo citato (1).

Se le due impedenze immagini sono uguali, il massimo valore del prodotto $r_1 r_2$, per una determinata fase del prodotto stesso, si manifesta per $r_1 = r_2$. L'andamento di tale valore, cioè di r_1^2 e r_2^2 , al variare della propria fase è rappresentato nella fig. 6 dell'articolo citato (1), per vari valori della fase dell'impedenza immagine.

Il valore massimo di r_1^2 e r_2^2 al variare della propria fase si manifesta a 180° e, indicando con φ_i la fase dell'impedenza immagine, risulta:

$$\frac{1 - |\sin \varphi_i|}{1 + |\sin \varphi_i|}$$

Se la costante di fase del circuito varia rapidamente colla frequenza, facilmente per la frequenza di minima attenuazione potrà assumere il valore di 90° o multiplo dispari di 90° . Quindi in tale condizione, poichè la fase di r_1^2 e r_2^2 diventa 180° o un multiplo dispari di 180° , in base alla (2) l'attenuazione immagine minima compatibile colla stabilità intrinseca diventa massima e secondo la (2) risulta in dB:

$$\alpha_{im} = 10 \log_{10} \frac{1 + |\sin \varphi_i|}{1 - |\sin \varphi_i|}$$

L'andamento di α_{im} in funzione di φ_i è rappresentato in fig. 8 dalla curva a , che è una parte della fig. 7 del citato articolo (1).

Tenuto conto che, nelle succitate condizioni di fase, le perdite per riflessione e quelle per interazione sono di segno uguale, la curva a di fig. 8 si può ritenere valida anche per l'equivalente minimo nella banda trasmessa.

Supponendo che le variazioni dell'equivalente colla frequenza siano comprese entro i $2/5$ della maschera del C.C.I.T.T., il valore dell'equivalente minimo a 800 p/s atto a garantire la stabilità risulta dato dalla curva b di fig. 8.

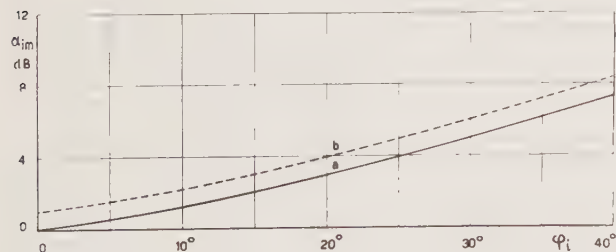


Fig. 8. — Attenuazione immagine minima compatibile colla stabilità in funzione della fase dell'impedenza immagine. Curva a : attenuazione immagine minima nella banda trasmessa; curva b : equivalente minimo a 800 p/s.

Poichè ad un dato coefficiente di riflessione tra l'impedenza immagine ed una resistenza di 600 ohm corrispon-

de un massimo valore possibile della fase, in fig. 9 si è rappresentato l'andamento dell'equivalente minimo in funzione del coefficiente di riflessione.

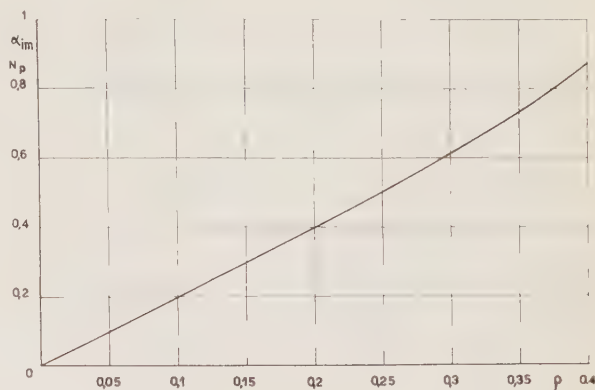


Fig. 9. — Attenuazione immagine minima, compatibile colla stabilità, in funzione del coefficiente di riflessione, per un canale in A.F.

È interessante esaminare qual'è all'atto pratico l'effettiva limitazione dell'attenuazione minima nella banda trasmessa. All'uopo in fig. 10 è rappresentato l'andamento dell'attenuazione immagine minima in funzione della costante di fase del circuito, supposta una fase dell'impedenza immagine costante e pari a 20° . Poichè la costante di fase è, in generale, una funzione crescente della frequenza, la fig. 10 rappresenta pure, approssimativamente, una punta di limitazione dell'attenuazione immagine al variare della frequenza, supponendo la fase φ_i costante. Ma, in effetti, φ_i è variabile colla frequenza e, se assume un valore molto piccolo in una banda estesa, permette di conseguire una certa riduzione dell'equivalente minimo.

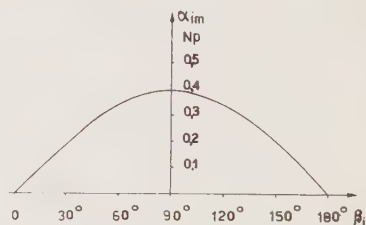


Fig. 10. — Attenuazione immagine minima, per una fase dell'impedenza immagine di 20° , in funzione della costante di fase del canale.

A titolo di esempio in fig. 11 a è rappresentato un possibile andamento di φ_i in funzione della frequenza e, corrispondentemente, nelle fig. 11 b e c è riportata, con linea a tratti, la curva inviluppo delle punte di limitazione dell'attenuazione minima.

Se la costante di fase nella banda 300÷400 p/s varia tra 0° e 360° , l'attenuazione immagine minima in funzione della frequenza può assumere l'andamento indicato con traccia continua in fig. 11 b .

Se invece la costante di fase varia molto rapidamente, come nel caso di circuiti in A.F., la curva di attenuazione immagine minima presenta numerose punte di limitazione, come indicato con traccia continua in fig. 11 c .

Occorre anzi osservare che se si tratta di circuiti di sistemi in A.F. che non trasmettono la portante (né la pilota di sincronismo), causa la leggera differenza di frequenza delle portanti di modulazione e di demodulazione, la costante di fase immagine varia continuamente facendo spostare le punte di limitazione lungo l'asse delle frequenze, in modo che percorrano con la loro ampiezza l'intero inviluppo.

Come si può rilevare, la possibilità di conseguire nella banda trasmessa attenuazioni minori di quella corrispondente alla massima fase dell'impedenza immagine è relativamente limitata.

Riguardo ai circuiti in B.F., si può osservare che i circuiti pupinizzati presentano alle basse frequenze una fase capacitiva sensibile, tuttavia i risultati dedotti, trattando i circuiti con impedenza immagine reale positiva, si possono ritenere ancora validi in quanto è generalmente facile, inserendo gli amplificatori, se questi sono di elevata qualità, fare in modo che alle basse frequenze l'attenuazione residua aumenti adeguatamente.

Passando ai circuiti non pupinizzati occorre osservare che essi hanno impedenza immagine con fase di circa 45° e quindi dovrebbero subire in modo sensibile l'aumento dell'equivalente minimo sopra illustrato. Fortunatamente però tali circuiti, se amplificati con impedenze negative, hanno costante di fase molto piccola, circa uguale od inferiore in radianti all'attenuazione immagine in Np.

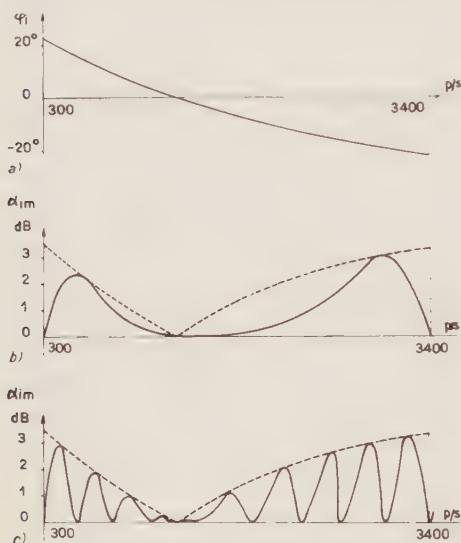


Fig. 11 a). — Possibile andamento della fase dell'impedenza immagine di un canale in A.F. in funzione della frequenza.

Fig. 11 b). — Attenuazione immagine minima (traccia continua) se la costante di fase del canale ruotasse di soli 360° .

Fig. 11 c). — Attenuazione immagine minima (traccia continua) corrispondente ad una comune rotazione della costante di fase presentata in pratica da un canale in A.F.

Ne consegue che le perdite negative di riflessione possono addirittura superare la limitazione del guadagno dovuta alla fase dell'impedenza immagine. Riguardo alla punta di limitazione dell'attenuazione che dovrebbe manifestarsi al crescere della frequenza occorre distinguere due casi: il caso in cui l'amplificazione viene effettuata mediante bipoli con impedenza negativa ed il caso in cui l'amplificazione viene effettuata mediante quadripoli con impedenza negativa.

Nel primo caso, limitandosi a considerare la condizione in cui si possono ottenere forti guadagni coll'amplificatore, cioè il caso di amplificatore intermedio, si può affermare che l'impedenza negativa tende a correggere notevolmente la fase dell'impedenza immagine portandola attorno a zero gradi od addirittura a valori positivi.

La prima punta di limitazione, che dovrebbe manifestarsi intorno ad un'attenuazione del cavo senza amplificatore di $1,5$ Np, cui corrisponde appunto una costante di fase di circa 90° , non ha in generale modo di manifestarsi in modo pronunciato e viene assorbita dalla seconda punta, che si manifesta intorno ad un'attenuazione del cavo senza amplificatore di circa 3 Np, dando luogo a quella specie di « muro » del guadagno, illustrato

in altro modo nella fig. 4 dell'articolo citato nella nota ⁽¹⁰⁾.

Nel secondo caso, se l'amplificatore è ben adattato alla linea, l'impedenza immagine della linea rimane praticamente immutata, ma essendo in generale la costante di fase dell'amplificatore negativa, la costante di fase totale risulta piccola e quindi si può fare in modo che la punta di limitazione dell'attenuazione minima cominci a manifestarsi sensibilmente oltre la frequenza di 3400 p/s.

D'altra parte è ovvio che coll'amplificatore a quadripolo in luogo di quello a bipolo sia possibile ottenere attenuazioni minime ancora più ridotte.

Si può quindi concludere che, a dispetto della fase molto elevata dell'impedenza immagine, nei circuiti su cavo non pupinizzati è possibile mediante l'amplificazione ottenere un equivalente minimo relativamente ridotto, grazie al rifasamento dell'impedenza immagine od alla riduzione della costante di fase.

La teoria e la pratica dimostrano la possibilità di ottenere su cavi non troppo lunghi ($20 \div 30$ km) equivalenti a 800 Hz dell'ordine di $0,05 \div 0,2$ Np.

6) MARGINI DI STABILITÀ.

Gli equivalenti minimi sopra determinanti non possono essere considerati equivalenti di esercizio. In esercizio occorre lasciare un adeguato margine di stabilità che tenga conto delle variazioni delle caratteristiche di trasmissione della linea e delle apparecchiature.

Come è noto, il C.C.I.T.T. prescrive un margine di stabilità di $0,2$ Np a morsetti aperti.

Per i moderni circuiti in A.F. a transistor taluni capitolati prescrivono che la variazione dell'equivalente per variazioni della tensione di alimentazione del $\pm 10\%$ sia minore di 1 dB, cioè circa $0,1$ Np. A queste variazioni occorre aggiungere quelle dovute alle variazioni di temperatura.

La temperatura come è noto, fa variare sia l'attenuazione della linea che il guadagno di inserzione delle apparecchiature. Fortunatamente le variazioni di temperatura sono relativamente lente ed i loro effetti possono essere contenuti entro limiti ristretti fin che si vuole mediante regolazioni di manutenzione sufficientemente intense. Tuttavia tenendo conto dei limiti prescritti dai capitolati e delle variazioni di attenuazione delle linee in cavo, pur considerando un controllo degli equivalenti anche settimanale, se non addirittura giornaliero, rimane difficile non aggiungere un altro $0,1$ Np di margine giungendo così a $0,2$ Np.

Aggiungendo $0,2$ Np al valore dell'equivalente quale risulta dalla fig. 8, curva b, per il coefficiente di riflessione di $0,2$, l'equivalente minimo di esercizio degli attuali circuiti in A.F. al fine di garantirsi nel modo più assoluto dai fenomeni di instabilità risulta ben di circa $0,7$ Np.

È evidente l'opportunità di cercare di mettere in atto dei mezzi atti a ridurre questo equivalente.

Si potrebbe per esempio:

- ridurre di $0,05$ Np la tolleranza per gli scarti di equivalente negativi nella banda trasmessa;
- ridurre il coefficiente di riflessione dell'impedenza immagine rispetto a 600 ohm a $0,1$;
- limitare adeguatamente la fase dell'impedenza immagine o, più semplicemente, fare in modo che la stabilità intrinseca del canale sia assicurata con un equivalente minimo in banda di $2 \div 3$ cNp;
- ridurre le variazioni di equivalente dovute alle variazioni di tensione di alimentazione a $2 \div 3$ cNp, stabilizzando eventualmente la tensione di alimentazione dei circuiti più critici mediante diodi di Zener,
- migliorare la stabilità termica delle apparecchiature

⁽¹⁰⁾ G. TAMBURELLI: *Amplificatori con Impedenza Negativa del Tipo a Bipolo su Cavi non Pupinizzati*. - « Alta Frequenza », 1959, pag. 579.

e compensare le variazioni di attenuazione del cavo mediante l'uso del regolatore automatico di livello.

In tal modo l'equivalente a 800 p/s atto a garantire con certezza matematica la stabilità in qualunque collegamento assume un valore minimo di circa 0,2 Np.

Si potrebbe osservare che il limite minimo dell'equivalente sopra determinato, pari a 0,7 Np, corrisponde ad una coincidenza di condizioni che in esercizio è forse piuttosto rara. Cioè si potrebbe partire dal criterio statistico di ammettere che qualche conversazione su un numero molto elevato risulti impedita da inneschi di oscillazioni. Ma a parte la considerazione che in teleselezione tale criterio è per lo meno discutibile, mancando ogni controllo da parte dell'operatrice sulla comunicazione, si può osservare che qualche instabilità si può comunque manifestare causa le alterazioni gradualmente che subiscono i circuiti coll'invecchiamento.

Ad ogni modo si può in proposito notare che un valore di φ_i di 22° si può facilmente manifestare, e che siccome la costante di fase di un canale varia molto rapidamente colla frequenza, si può ritenere che la combinazione più sfavorevole di queste due grandezze si manifesti sicuramente. Può darsi invece che tale combinazione si manifesti proprio per la frequenza di minimo equivalente soltanto in qualche raro caso. Accettando il rischio di una simile eventualità, supponendo cioè che il valore di φ_i di 22° si manifesti per un equivalente uguale a quello a 800 p/s e supponendo inoltre che la variazione di equivalente nel tempo dei canali si possa ritenere espressa dal noto scarto quadratico medio rilevato per la rete primaria, pari a 0,15 Np, l'equivalente minimo a 800 p/s diventa 0,55 Np.

Si potrebbe ancora considerare a vantaggio della stabilità l'attenuazione delle centrali di collegamento tra i circuiti in cascata, dell'ordine di 0,1 Np, anche se dovuto in gran parte a reattanze, e si potrebbe così giungere ad un equivalente minimo a 800 p/s di circa 0,45 Np.

Per i canali che possono essere semplicemente controllati a morsetti aperti ed in corto circuito in un terminale l'equivalente minimo a 800 p/s atto a garantire la stabilità con certezza matematica risulta circa 0,45 Np, mentre se tale controllo è sufficiente in entrambi i terminali l'equivalente minimo compatibile colla stabilità diventa circa 0,25 Np.

7) CONCLUSIONE.

Collo sviluppo della teleselezione, che comporta il collegamento in cascata di numerosi circuiti telefonici attivi ⁽¹¹⁾, è indispensabile che i circuiti stessi risultino stabili con chiusura in entrambi i terminali su qualunque reattanza. Solo nel caso in cui il circuito funzioni sicuramente con chiusura su circuiti passivi almeno in un terminale, come può succedere, per esempio, per i circuiti

funzionanti sempre in posizione estrema delle catene interurbane o per i circuiti adibiti al traffico locale tra due reti urbane, si possono applicare condizioni di stabilità semplificate.

Una sensibile semplificazione delle condizioni di stabilità si potrebbe pure conseguire se i circuiti avessero un'impedenza immagine puramente reale.

Gli equivalenti minimi conseguibili per circuiti non molto lunghi (cioè di lunghezza non maggiore di circa 30 km) risultano più elevati per i circuiti in A.F. che per quelli in B.F. Ciò per i seguenti motivi:

a) gli scarti di equivalente, rispetto a quello a 800 p/s, per i circuiti in A.F. possono risultare negativi, mentre per i circuiti in B.F., agendo sugli egualizzatori degli amplificatori, è sempre possibile renderli positivi;

b) l'impedenza immagine dei circuiti in A.F. presenta una fase sensibile e la costante di fase dei circuiti stessi varia rapidamente colla frequenza, mentre i circuiti in B.F. o hanno un'impedenza immagine con fase praticamente nulla (circuiti pupinizzati) o hanno una costante di fase molto piccola (circuiti non pupinizzati);

c) la stabilità dell'attenuazione delle linee in A.F. è molto meno elevata di quella delle linee in B.F.;

d) la stabilità del guadagno composito delle apparecchiature in A.F. è molto minore di quella degli amplificatori in B.F.

Le apparecchiature in A.F. dovrebbero quindi essere sensibilmente migliorate sotto l'aspetto tecnico.

Naturalmente per i circuiti muniti di compandor occorre tener conto della diminuzione di equivalente prodotta a certi livelli della fonia dal compandor, in genere al massimo di 1,5 dB.

E poi necessario sottolineare che, prima di risultare instabile, un collegamento telefonico viene a presentare una distorsione di ampiezza elevatissima ed è quindi conveniente che i circuiti componenti, almeno durante la conversazione, si trovino adeguatamente distanti dalla condizione di instabilità.

In definitiva si può dire, con linguaggio pittoresco, che, per garantirsi da fenomeni di instabilità, le curve di attenuazione immagine in funzione della frequenza dei circuiti a due fili debbono superare, con adeguato margine, dei monti, costituiti dalle suddette punte di limitazione; per evitare di dover aumentare troppo l'attenuazione immagine conviene o ridurre l'altezza dei monti, come nel caso di canali in A.F., di circuiti pupinizzati amplificati e di circuiti non pupinizzati amplificati mediante bipoli con impedenza negativa intermedi, o cercare di spostare le vette dei monti ben al di fuori della banda di frequenze trasmessa, come nel caso di circuiti non pupinizzati amplificati mediante quadripoli con impedenza negativa (per i quali si può però usare, in parte, anche il primo artificio). Per ridurre l'altezza dei monti occorre ridurre la fase dell'impedenza immagine, mentre per spostarne le vette fuori dalla banda trasmessa occorre ridurre la costante di fase immagine.

Manoscritto pervenuto il 13 giugno 1960.

⁽¹¹⁾ Pur considerando il transito compartimentale a 4 fili, in un collegamento da centro settore a centro settore vi possono già essere 3 circuiti a 2 fili in cascata; da abbonato ad abbonato tale numero diventa ovviamente 7.

GENERATORE DI FUNZIONI A MODULAZIONE DI FREQUENZA

G. BASILE (*)

Si prende in esame un nuovo metodo per la generazione di funzioni, fondato sulla dipendenza del modulo della funzione di trasferimento di un quadripolo dalla frequenza.

Si espone dapprima il principio di funzionamento di un generatore di questo tipo e si determinano le relazioni che condizionano il suo corretto funzionamento. Si considera quindi in particolare il caso del generatore della funzione parabolica $y = kx^2$ e si riportano alcuni risultati sperimentali.

1. - PREMESSA.

Un problema di notevole importanza nella tecnica del calcolo analogico riguarda la generazione di funzioni: si tratta, come è noto, di realizzare un dispositivo, in genere un quadripolo elettrico, nel quale la relazione fra i valori istantanei di due determinate grandezze (per es. tensione di uscita e tensione di entrata) abbia forma assegnata $y = f(x)$.

Di solito, per ottenere la dipendenza voluta dell'una dall'altra grandezza, si utilizza la caratteristica tensione-corrente di elementi anomali di vario tipo. Nella presente nota viene invece preso in esame un generatore di funzioni nel quale, mediante l'impiego di un opportuno modulatore di frequenza, il problema della sintesi di una rete anomala avente assegnata caratteristica viene ricondotto alla sintesi di una rete normale con funzione di trasferimento di dato modulo.

La descrizione del principio di funzionamento di tale generatore, dei vantaggi che esso offre in diversi ed importanti casi e di alcuni risultati sperimentali ottenuti è l'oggetto di questo lavoro.

Si tratta cioè di una oscillazione modulata in frequenza secondo la legge:

$$(2) \quad \frac{d\varphi}{dt} = \omega = p(x),$$

che sarà precisata in seguito.

Per ora supponiamo che x si mantenga costante nel tempo. Ai morsetti di uscita dell'oscillatore modulato M (fig. 1), si ha la tensione sinusoidale:

$$(3) \quad v_0 = V_0 \cos \omega t,$$

la quale viene applicata ai morsetti di ingresso del quadripolo F avente funzione di trasferimento:

$$(4) \quad T(j\omega) = F(\omega) e^{-j\beta(\omega)},$$

di cui $F(\omega)$ rappresenta il modulo e $\beta(\omega)$ l'argomento.

La tensione all'uscita di F è espressa da:

$$v_1 = V_0 F(\omega) \cos[\omega t - \beta(\omega)]$$

e pertanto, rivelando l'ampiezza $V_1 = V_0 F(\omega)$ di v_1 , si ottiene una tensione costante:

$$(5) \quad y = V_1 = V_0 F(\omega),$$

che, in virtù della (2), è anche espressa da:

$$y = V_0 F[p(x)].$$

Basta dunque che $V_0 F[p(x)]$ si identifichi con la funzione $f(x)$ da generare, cioè che risulti:

$$(6) \quad f(x) = V_0 F[p(x)],$$

per risolvere il nostro problema.

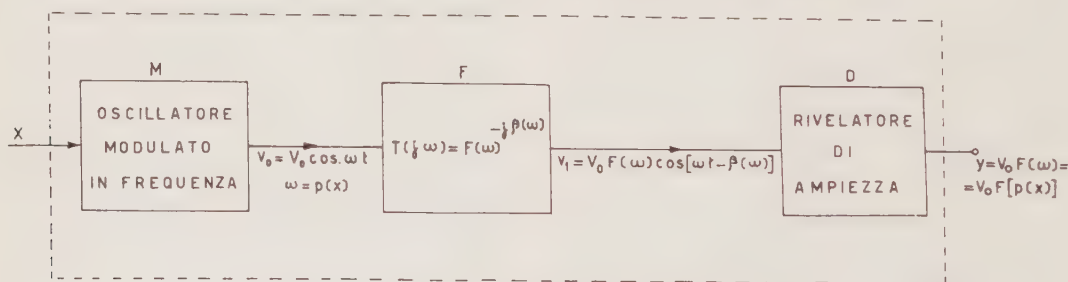


Fig. 1. — Schema di principio del generatore proposto.

2. - PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL GENERATORE PROPOSTO.

Sia $y = f(x)$ la funzione da generare, definita nell'intervallo $a \leq x \leq b$.

Mediante un oscillatore modulato in frequenza si genera una tensione espressa da una relazione del tipo:

$$(1) \quad v_0 = V_0 \cos \varphi(t).$$

Dimostreremo nel seguito che quanto precede è valido anche nel caso in cui la x vari nel tempo, a condizione che la velocità di variazione sia sufficientemente lenta, e si determinerà il valore massimo che essa può assumere.

Questa condizione limita la banda di frequenze entro cui è utilizzabile il dispositivo.

Il problema di generare la funzione $f(x)$ è ricondotto pertanto:

1) alla realizzazione di un modulatore di frequenza che sia in grado di fornire una tensione del tipo (1) di ampiezza costante la cui frequenza varia con x secondo una certa legge $\omega = p(x)$;

(*) G. BASILE, Assistente straordinario alla Cattedra di Comunicazioni Elettriche dell'Università di Bologna.

2) alla sintesi di un quadripolo avente funzione di trasferimento il cui modulo varia con la frequenza secondo una legge tale da rendere soddisfatta la (6).

Da quanto abbiamo esposto appare evidente come una stessa funzione $y = f(x)$ possa ottenersi in vari modi, a seconda della legge di modulazione $\omega = p(x)$ prescelta. A ciascuna di queste corrisponde naturalmente una diversa espressione di $F(\omega)$, e quindi un quadripolo F di diversa struttura. In pratica tuttavia è conveniente che la legge $\omega = p(x)$ sia lineare, potendosi quest'ultima realizzare e controllare con facilità.

Si pone cioè:

$$(7) \quad \omega = |\alpha x + h|$$

essendo α ed h costanti positive ⁽¹⁾.

Quando si vogliono generare funzioni pari o dispari della x , nulle per $x = 0$, riesce particolarmente utile l'impiego di modulatori per i quali risulti $h = 0$ e quindi:

$$(8) \quad \omega = \alpha |x|.$$

Naturalmente, se x e quindi ω assumono valori prossimi allo zero, si manifesta una difficoltà che sembra insormontabile: si dovrebbe infatti realizzare un rivelatore con costante di tempo infinitamente grande e tuttavia

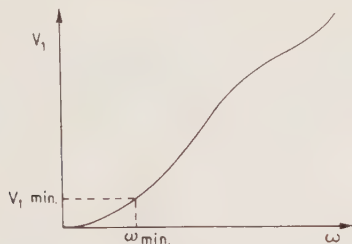


fig. 2.

capace di seguire le eventuali variazioni di ampiezza, che conseguono a variazioni nel tempo della x . Tale difficoltà viene risolta osservando che dovendo essere $y(0) = 0$, quando $\omega \rightarrow 0$ anche $V_1 = V_0 F(\omega)$ tende a zero e pertanto, per ragioni di continuità, l'ampiezza da rivelare risulta inapprezzabile per tutti valori di ω molto prossimi a zero. Il calcolo del rivelatore deve quindi essere effettuato (come vedremo in seguito con un esempio) in

sintesi di un quadripolo F , la cui funzione di trasferimento sia:

$$F(\omega) = \frac{I}{V_0} f(x) = \frac{I}{V_0} f\left(\frac{\omega}{\alpha}\right).$$

Ad esempio, se si volesse generare la funzione $y = kx^2$, si dovrebbe costruire un quadripolo con funzione di trasferimento:

$$F(\omega) = \frac{k}{V_0} \left(\frac{\omega}{\alpha}\right)^2 = \frac{k}{\alpha^2 V_0} \omega^2,$$

il che può ottenersi semplicemente ponendo in cascata due derivatori secondo lo schema di fig. 3; in tal caso, supposto il guadagno degli amplificatori tanto grande da potersi considerare infinito, risulta:

$$T(j\omega) = (j\omega RC) \times (j\omega RC) = -(RC)^2 \omega^2,$$

e quindi

$$F(\omega) = (RC)^2 \omega^2.$$

Basta cioè assumere

$$(9) \quad (RC)^2 = \frac{k}{\alpha^2 V_0}$$

per ottenere il risultato voluto.

Se, in luogo di funzioni $y = f(x)$ pari, si vogliono generare funzioni dispari, si può ancora utilizzare lo stesso procedimento, con l'aggiunta di un invertitore di fase che viene inserito in cascata al rivelatore D , mediante un commutatore, solo quando la variabile x assume valori negativi.

3. - LIMITI DI IMPIEGO.

Come si è detto, è necessario precisare la rapidità con cui x può variare nel tempo, affinché si possa considerare quasi stazionario il regime di funzionamento del dispositivo.

È noto [1] che, se si applica ai morsetti di ingresso di un quadripolo avente funzione di trasferimento $T(j\omega)$, una tensione modulata in frequenza espressa da:

$$v_e = V_0 \cos \varphi(t) = V_0 \Re \{e^{j\varphi(t)}\} \quad (2),$$

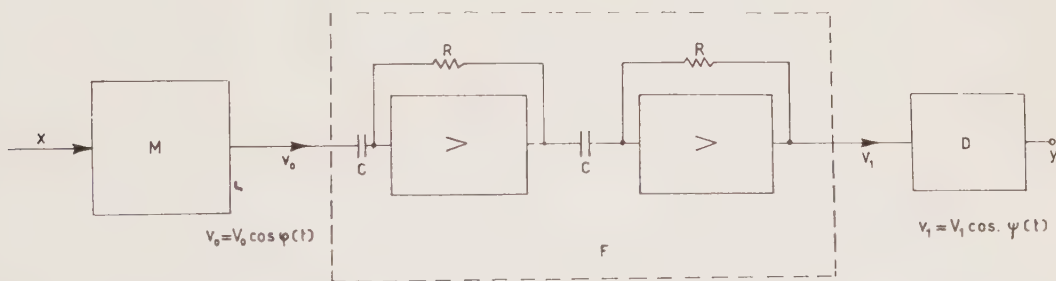


Fig. 3. — Schema a blocchi del generatore della funzione $y = kx^2$.

corrispondenza alla pulsazione $\omega_{min} > 0$ per la quale V_1 assume il valore minimo apprezzabile (fig. 2).

Ottenuta la corrispondenza (8), il problema da risolvere, quando si tratti di funzioni $f(x)$ pari, si riduce alla

essendo:

$$(10) \quad \omega = \frac{d\varphi}{dt} = p[x(t)],$$

⁽¹⁾ La ragione del simbolo di valore assoluto nella posizione (7) appare evidente qualora si pensi che la ω non può assumere valori negativi.

⁽²⁾ Con $\Re \{z\}$, si indica, secondo la notazione comune, la parte reale del numero complesso z .

la tensione di uscita risulta:

$$\begin{aligned} (11) \quad v_u = & \\ = \mathcal{R} \left\{ V_0 e^{j\varphi(t)} \cdot T(j\omega) \left[1 + \frac{j \frac{\varphi''}{2} \frac{\partial^2 T(j\omega)}{\partial (j\omega)^2} + \right. \right. & \\ \left. \left. + \frac{j \frac{\varphi'''}{6} \frac{\partial^3 T(j\omega)}{\partial (j\omega)^3} + \dots \right] \right\} & \end{aligned}$$

Dalla (11) risulta evidente che la tensione di uscita del quadripolo in esame si ottiene moltiplicando la tensione di ingresso per la funzione di trasferimento, calcolata per ω eguale alla pulsazione istantanea, purchè siano trascurabili rispetto all'unità i termini successivi al primo entro le parentesi quadre. Si dice in questo caso che il funzionamento del circuito avviene in regime «quasi sinusoidale».

Tenendo conto della (10), risulta ovviamente:

$$\begin{aligned} \varphi'' &= \frac{d\omega}{dt} = \frac{dp}{dx} \cdot \frac{dx}{dt} \\ \varphi''' &= \dots \end{aligned}$$

Assegnate pertanto le funzioni $T(j\omega)$ e $p(x)$, si ricavano i valori massimi ammissibili per le derivate successive della x . Questo, in altri termini, significa limitare la banda di frequenze in cui deve essere compreso lo spettro della $x(t)$, cioè, come si suole dire, la banda passante del generatore di funzioni.

Delle considerazioni ora esposte ci varremo nel paragrafo che segue, in cui è preso in esame un particolare generatore di funzione.

La funzione di trasferimento del quadripolo F , costituito da due derivatori in cascata, è espressa da:

$$T(j\omega) = \left(\frac{j\omega RC}{1 + \frac{1}{G} + j\omega \frac{RC}{G}} \right)^2$$

avendo indicato con G il guadagno degli amplificatori operazionali.

Se entro la gamma di frequenze che interessa sono verificate le condizioni:

$$\begin{aligned} \frac{\omega RC}{G} &\ll 1 \\ \frac{1}{G} &\ll 1 \end{aligned}$$

la precedente espressione di $T(j\omega)$ può semplificarsi come segue:

$$T(j\omega) = (j\omega RC)^2 = -\omega^2 R^2 C^2$$

almeno in un prefissato ordine di approssimazione. Il modulo di $T(j\omega)$ risulta quindi:

$$(13) \quad F(\omega) = \omega^2 R^2 C^2.$$

Per quanto riguarda il modulatore M , esso dovrà avere una legge di modulazione del tipo (8), con la costante α determinata dalla (9):

$$\alpha = \frac{1}{RC} \sqrt{\frac{k}{V_0}}$$

Per realizzare un tale modulatore, si è adottato un circuito il cui schema a blocchi è riportato in fig. 4.

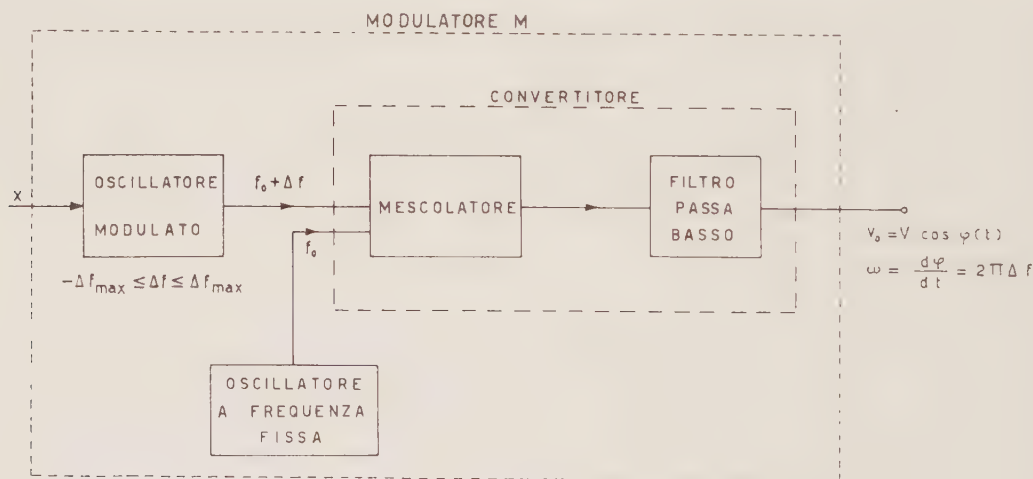


Fig. 4. — Schema a blocchi del modulatore indicato con M in fig. 3.

4. - CRITERI DI DIMENSIONAMENTO E REALIZZAZIONE SPERIMENTALE DI UN PARTICOLARE GENERATORE.

È stata realizzata una apparecchiatura atta a generare la funzione

$$(12) \quad y = kx^2.$$

Lo schema a blocchi del dispositivo, conforme ai criteri generali illustrati in precedenza, è riportato in fig. 3.

Il blocco D rappresenta un rivelatore a valore massimo, di tipo convenzionale.

Esso comprende:

a) un oscillatore modulato con frequenza centrale f_0 ed ampiezza costante in tutta la gamma ($f_0 - \Delta f_{max}$, $f_0 + \Delta f_{max}$) che corrisponde all'intervallo $-a \leq x \leq a$. Tale oscillatore modulato è stato attuato mediante un tubo a reattanza;

b) un oscillatore a frequenza fissa f_0 ;

c) un convertitore, alimentato da due oscillatori anzidetti, che fornisce la frequenza di battimento; questa ultima risulta funzione pari di x ed è compresa fra 0 e Δf_{max} .

In fig. 5 a e b sono riportate rispettivamente la caratteristica di modulazione dell'oscillatore ed il grafico esprime il legame fra la frequenza di conversione e la x .

Se esaminiamo ora il comportamento del generatore nell'intorno dell'origine possiamo trarre indicazioni utili per il suo dimensionamento.

Con valori di x molto prossimi a zero la pulsazione $\omega = 2\pi\Delta f$ della tensione v_0 assume essa pure valori molto bassi. In queste condizioni, si manifestano due cause di errore:

a) la rivelazione della tensione $V_1 = V_0(RC)^2\omega^2$ non avviene più in maniera corretta, sia per il valore necessariamente finito della costante di tempo del rivelatore, sia per il piccolo valore dell'ampiezza da rivelare;

b) quando x varia nel tempo, la condizione che deve essere verificata affinché si possa ritenere che il quadri-polo funzioni in regime quasi stazionario, è soddisfatta con approssimazione tanto minore quanto più ω si avvicina allo zero.

Nel nostro caso, infatti, tenendo presente la (10), la (11), la (13) e la (8), tale condizione si traduce nella:

$$\left| \frac{1}{2\omega^2} \alpha \frac{x}{x} \frac{dx}{dt} \right| \ll 1,$$

e cioè:

$$(14) \quad \left| \frac{\alpha}{2\omega^2} \frac{dx}{dt} \right| \ll 1.$$

Affinchè l'errore assoluto nell'intorno dell'origine sia contenuto entro limiti tollerabili, occorre che le due condizioni suddette si manifestino quando la pulsazione ω

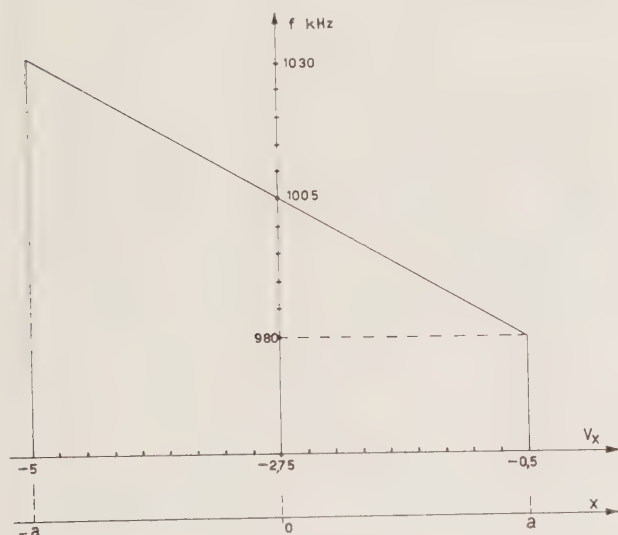


Fig. 5 a). — Caratteristica di modulazione dell'oscillatore modulato di fig. 4. Con V_x si è indicata la tensione modulante che corrisponde alla grandezza di ingresso x .

assume valori per cui l'ampiezza $V_1 = V_0(RC)^2\omega^2$ di v_1 è praticamente insensibile (cioè, si intende, in rapporto all'ampiezza che corrisponde al valore massimo di x).

Nasce di qui un criterio per la scelta della gamma di frequenze da utilizzare e per la determinazione della frequenza minima in corrispondenza alla quale deve essere dimensionato il rivelatore.

Basta infatti osservare che, indicando con y_{max} il valore massimo previsto per y e con $y_{min} = \epsilon y_{max}$ il minimo valore che si ammette di potere apprezzare, la frequenza minima che interessa considerare è definita da:

$$\frac{\Delta f_{min}}{\Delta f_{max}} = \sqrt{\frac{y_{min}}{y_{max}}} = \sqrt{\epsilon}.$$

Risulta cioè $\Delta f_{min} = \sqrt{\epsilon} \Delta f_{max}$, essendo ovviamente Δf_{max} la frequenza che corrisponde ad y_{max} .

In corrispondenza della pulsazione $\omega_{min} = 2\pi\Delta f_{min}$ deve dunque essere soddisfatta la (14), e deve funzionare correttamente il rivelatore il quale inoltre deve essere capace di seguire le variazioni nel tempo di V_1 , la cui rapidità è evidentemente determinata da dx/dt .

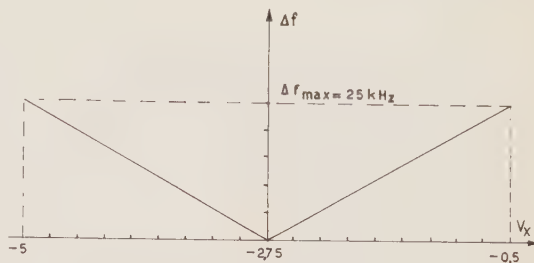


Fig. 5 b). — Caratteristica del modulatore M.

Scala orizzontale: 1 cm = 0,25 V.

Scala verticale: 1 cm = 5 kHz.

Nel circuito attuato, essendo $\Delta f_{max} = 25$ kHz ed assumendo $\epsilon = 1/100$, risulta:

$$\Delta f_{min} = 2,5 \text{ kHz.}$$

Per quest'ultima frequenza è stato dimensionato il rivelatore.

Per quanto riguarda la (14), possiamo osservare che, essendo fissata Δf_{min} , risulta vincolato il valore massimo ammissibile per dx/dt e, di conseguenza, viene determinata la banda di frequenze del generatore.

Supponendo infatti, per semplicità, che $x(t)$ vari sinusoidalmente secondo la legge:

$$x = X_0 \sin(\Omega t + \gamma),$$

la (14) diventa:

$$\left| \alpha \frac{1}{2\omega_{min}^2} X_0 \Omega \cos(\Omega t + \gamma) \right| \ll 1;$$

cioè, poichè risulta

$$\alpha = \frac{2\pi\Delta f_{max}}{X_0};$$

$$\left| \frac{1}{2\omega_{min}^2} 2\pi\Delta f_{max} \Omega \cos(\Omega t + \gamma) \right| \ll 1.$$

La condizione più restrittiva si ha per t tale che $\cos(\Omega t + \gamma) = \pm 1$:

$$(15) \quad \frac{1}{2\omega_{min}^2} 2\pi\Delta f_{max} \Omega \ll 1.$$

Ponendo $\Omega = 2\pi f_x$, e tenendo conto che $\omega_{min} = 2\pi\Delta f_{min}$, la (15) diventa:

$$(16) \quad \frac{1}{2\Delta f_{min}^2} \Delta f_{max} f_x \ll 1,$$

da cui

$$f_x \ll \frac{2\Delta f_{min}^2}{\Delta f_{max}} = 500 \text{ Hz.}$$

La banda di frequenze del generatore studiato può quindi ritenersi dell'ordine di 10 Hz. Questo risultato è confermato dai rilievi sperimentali.

Altre cause di errore sono dovute a variazioni della ampiezza V_0 della tensione fornita dal modulatore ed alla instabilità di frequenza.

Essendo infatti:

$$y = V_0 F(\omega) = V_0 (RC)^2 \omega^2,$$

come facilmente si desume dalle (5) e (13), la relazione fra le variazioni relative

$$\frac{\Delta y}{y}, \frac{\Delta V_0}{V_0} \text{ e } \frac{\Delta \omega}{\omega}$$

di y , V_0 ed ω risulta espressa da:

$$(17) \quad \frac{\Delta y}{y} = \frac{\Delta V_0}{V_0} + 2 \frac{\Delta \omega}{\omega}.$$

Per quanto attiene a V_0 , basta osservare che le sue variazioni si possono rendere trascurabili senza difficoltà; l'errore dovuto ad uno scarto di ω richiede invece una ulteriore analisi.

Ricordiamo che la pulsazione ω si ottiene come differenza fra le pulsazioni $2\pi f_0$ dell'oscillatore a frequenza fissa e $2\pi f'_0 + \alpha x$ dell'oscillatore modulato. Abbiamo in-

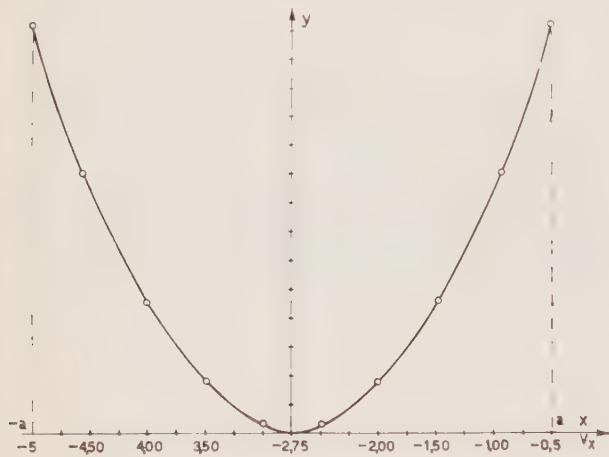


Fig. 6. — Caratteristica statica del generatore realizzato.

dicato con $f'_0 \neq f_0$ la frequenza corrispondente ad $x = 0$ di quest'ultimo perchè dobbiamo ora prevedere degli scostamenti di tale frequenza da f_0 .

Si ha cioè:

$$\omega = |\alpha x + 2\pi(f'_0 - f_0)|.$$

Poichè interessa valutare l'errore che corrisponde al valore massimo a di x , si deve considerare:

$$\omega_{max} = |\alpha a + 2\pi(f'_0 - f_0)|.$$

Gli scarti della ω sono determinati dalle variazioni delle grandezze α , f'_0 ed f_0 , ed il valore massimo assoluto di $\Delta\omega_{max}$ è espresso da:

$$\Delta\omega_{max} = a |\Delta\alpha| + 2\pi |\Delta f'_0| + 2\pi |\Delta f_0|.$$

Rapportando tale variazione al valore di riferimento

$$\omega_{max} = \alpha a,$$

che si ha quando $f'_0 = f_0$, e trascurando Δf_0 , perchè l'oscillatore a frequenza fissa può essere reso assai stabile mediante un quarzo, si ottiene:

$$(18) \quad \frac{\Delta\omega_{max}}{\omega_{max}} = \frac{|\Delta\alpha|}{\alpha} + \frac{2\pi |\Delta f'_0|}{\omega_{max}}.$$

Se ammettiamo per ω_{max} uno scarto relativo dell'ordine di 1%, che corrisponde ad un errore del 2% sulla y , lo scarto ammissibile per α può essere di 0,5% e cor-

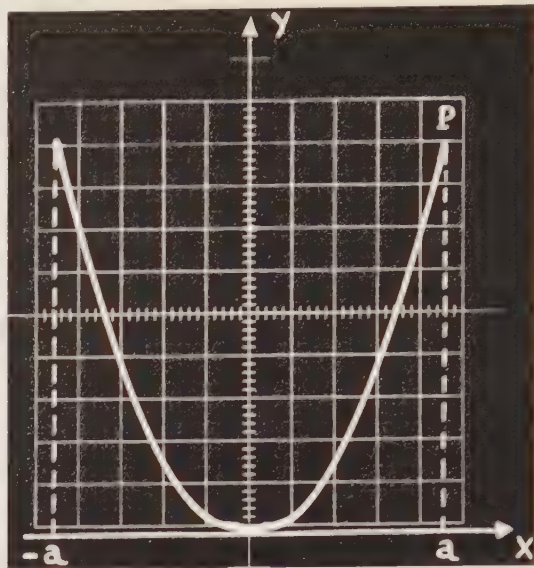


Fig. 7. — Caratteristica del generatore realizzato rilevata oscillograficamente.

rispondentemente per l'oscillatore modulato si richiede una stabilità di frequenza dell'ordine di

$$\frac{\Delta f'_0}{f'_0} = 0,5 \frac{\omega_{max}}{2\pi f'_0} \frac{1}{\alpha}.$$

Nel circuito realizzato tale stabilità deve quindi risultare di $\sim 0,1\%$.

Le prove effettuate hanno confermato che tale grado di stabilità si può ottenere limitando entro lo 0,4% le variazioni della tensione di alimentazione anodica.

Nella fig. 6 è riportata la caratteristica statica $y = f(x)$ del circuito realizzato; la fig. 7 rappresenta la stessa caratteristica rilevata oscillograficamente col metodo ben noto indicato schematicamente in fig. 8.



Fig. 8.

Se sull'oscillogramma di fig. 7 si traccia la parabola avente vertice nell'origine e passante per il punto P , si trova che gli scostamenti dalla curva rilevata sono inapprezzabili.

L'errore di lettura, come facilmente si riconosce, è dell'ordine del 2% dell'ordinata di fondo scala.

L'autore ringrazia il ch.mo prof. ing. Ercole De Castro per gli utili consigli e per il costante interessamento al lavoro.

Manoscritto pervenuto il 3 agosto 1960

BIBLIOGRAFIA

- [1] A. G. CLAVIER: *Application of Fourier Transforms to Variable-Frequency Circuit Analysis*. - « Proceedings of the I.R.E. », novembre 1949.

LA PRODUZIONE D'ENERGIA ELETTRICA NEL FUTURO

(da una pubblicazione della Westinghouse Electric Corporation)

La Westinghouse Electric Corporation ha recentemente pubblicato in un elegante fascicolo col titolo di « Future Power Sources » i rendiconti di una riunione tenuta l'8 marzo 1960 durante la quale un gruppo di tecnici specialisti della Società ha riferito su gli studi e le esperienze in corso per realizzare nuovi dispositivi di produzione di energia elettrica.

Dato il grande interesse delle notizie contenute in detto fascicolo abbiamo creduto di fare cosa gradita ai nostri lettori riassumendone qui ampiamente le parti essenziali.

*

Gli argomenti trattati riguardano: la produzione d'energia in corrente continua secondo metodi per ora insoliti, la sua conversione in corrente alternata, i nuovi criteri di progetto delle centrali di produzione dell'energia e l'uso dei combustibili fossili ed atomici ad alta temperatura. I nuovi metodi di produzione dell'energia proposti sono: pile a combustibile, termoelettricità, termionica e magnetoidrodinamica. Si tratta di metodi ancora da sviluppare e non ancora usciti dalla prima fase sperimentale di laboratorio e che dovrebbero permettere un miglior sfruttamento dell'energia termica sviluppata nei reattori atomici.

Alcuni metodi possono soddisfare un servizio di base nelle centrali, altri sembrano più indicati ad un servizio di punta; tutti consentono di ottenere la potenza elettrica con mezzi statici. Nella scelta dei materiali costitutivi la questione resistenza meccanica passa quindi in seconda linea, mentre la refrattarietà e la corrosione chimica sono di importanza prevalente.

L'8 marzo 1960 venne tenuta a Pittsburgh (Pennsylvania), nei Laboratori di Ricerche della Westinghouse, una riunione alla quale parteciparono i rappresentanti delle varie organizzazioni interessate alla produzione e distribuzione dell'energia elettrica, per illustrare i programmi in corso per lo studio della produzione di energia elettrica secondo procedimenti nuovi.

A. C. Monteith aprì la seduta del mattino spiegando i progressi realizzati nei nuovi campi di produzione dell'energia, le scoperte fatte ed i problemi affrontati per perfezionare i più promettenti metodi di conversione dell'energia.

Nel dare conto di tale lavoro, dichiarò che i metodi più promettenti sono tuttora ai primi stadi delle ricerche. Davanti ad essi stanno problemi difficilissimi, ancora da risolvere.

Oggi non si può dire quale dei metodi promettenti potrà incontrare successo.

S. W. Herwald osservò che vi sono forse centinaia di modi non comuni per generare energia elettrica, ma tutti tendono a liberare energia accumulata in qualche modo, con il massimo rendimento e nel modo più economico.

L'energia accumulata ci circonda da ogni parte: nell'acqua che preme dietro le dighe; nei combustibili come, il carbone, l'olio, il gas, l'idrogeno e l'uranio.

Recentemente, a seguito d'una migliore comprensione delle basi fisiche e chimiche, insieme all'elaborazione di nuovi materiali, sono stati sottoposti ad intense ricerche quattro metodi. Precisamente: la pila a combustibile, la termoelettricità, l'effetto termionico e la magnetoidrodinamica. Questi sono stati elaborati fino al punto da

presentare qualche possibilità definita di produrre potenza, in grande scala, nel futuro.

Ora è interessante osservare che nessuna di queste strade è nuova.

Il concetto della pila a combustibile, il mezzo più diretto per passare dal calore alla potenza elettrica, si può attribuire a Humphrey Davies nel 1802.

Il concetto del dispositivo termoelettrico risale al 1822. Il principio termionico fu scoperto nel 1878. La magnetoidrodinamica risale al 1835 o giù di lì.

L'elettione, che rappresenta la chiave di tutti questi metodi, fu scoperto da Lord Kelvin nel 1898.

Pila a combustibile (Relatore R. J. Ruka).

Una pila a combustibile è sostanzialmente una batteria elettrica che usa combustibili praticamente gratuiti o di basso prezzo, che vengono introdotti con continuità nel sistema.

Gli elementi di una batteria comune sono: un elettrodo d'ossido d'argento ed un secondo elettrodo di zinco. Essi sono posti in un elettrolita, una soluzione acquosa d'idrato potassico, che rappresenta il mezzo che conduce l'elettricità.

Quando uniamo i due elettrodi ad un piccolo motore, secondo un circuito esterno, gli elettroni passano attraverso gli avvolgimenti del motore, determinandone il movimento.

Questa non è però una pila a combustibile, perchè l'ossido d'argento e lo zinco sono reagenti relativamente costosi, che non vengono sostituiti in modo continuo e dopo un certo tempo si consumano. Tuttavia, la relazione fra questa pila, ed una pila a combustibile è veramente molto stretta.

In questa pila, un elettrodo d'ossido d'argento funziona sostanzialmente come sorgente d'ossigeno. Come primo passo per formare la pila a combustibile, sostituiamo questo elettrodo con uno ad ossigeno o ad aria, allora il motore funzionerà ancora.

L'elettrodo di zinco può a sua volta essere sostituito da un elettrodo ad idrogeno, cosicché invece di consumare zinco, possiamo utilizzare idrogeno fluente con continuità.

Ora, abbiamo una pila a combustibile che produce elettricità con un combustibile più a buon mercato dello zinco, combustibile che viene introdotto in modo continuo nel sistema. Le pile per combustibile a bassa temperatura, come questa, che usano ossigeno con idrogeno od altri speciali combustibili, sono attualmente le pile a combustibile più diffuse. In vista di applicazioni militari, queste pile hanno avuto la priorità nell'evoluzione tecnica americana e sembra abbastanza sicuro che troveranno, nei prossimi cinque anni, applicazioni speciali in piccola scala.

Alcuni fra gli usi immaginabili sono: per produrre potenza ausiliaria per veicoli spaziali e terrestri d'uso militare, in località remote, dove il costo ed il problema di trasportare i combustibili sono fattori importanti.

Tuttavia, la situazione per quanto riguarda la pila a combustibile capace di produrre energia in grande scala è molto incerta. Le ricerche sono ancora agli inizi per le pile a combustibile ad alta temperatura e per altre che usano i combustibili di più basso costo, quali il carbone od il gas naturale.

Finora, nessuna pila per alta temperatura è stata costruita di dimensioni sufficienti a produrre energia in mi-

sura utile. Però crediamo che queste pile ad alta temperatura, che possono utilizzare combustibili sostanzialmente a basso prezzo, siano più promettenti delle pile a bassa temperatura, per produrre energia in grande scala. In questo campo delle alte temperature si sono concentrate molto le ricerche presso la Westinghouse.

Costruiamo i vari elementi d'una pila a combustibile e mostriamone il funzionamento. In fig. 1 abbiamo una

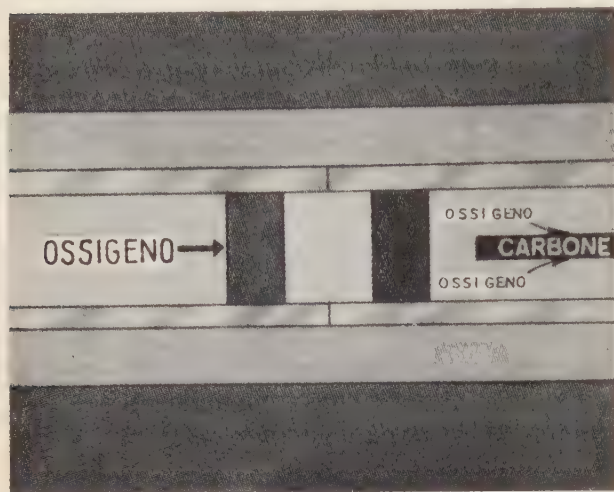


Fig. 1.

tipica batteria formata da un elettrolita e da due elettrodi, una camera a tenuta di gas è posta attorno ad ogni elettrodo. Nella camera a sinistra, l'aria o l'ossigeno sono continuamente introdotti nel sistema, mentre nella camera a destra l'ossigeno viene rimosso continuamente. La tensione si manifesta attraverso l'elettrolita, in questo sistema, per la presenza d'ossigeno in diverse concentrazioni ai due elettrodi.

Un altro elemento essenziale è un involucro attorno l'intero sistema per trattenere il calore.

Ora si può far funzionare la pila a combustibile, creando un vuoto parziale nella camera a destra, o, come è stato provato in laboratorio, introducendo un combustibile a buon mercato, il carbone, nella camera, come

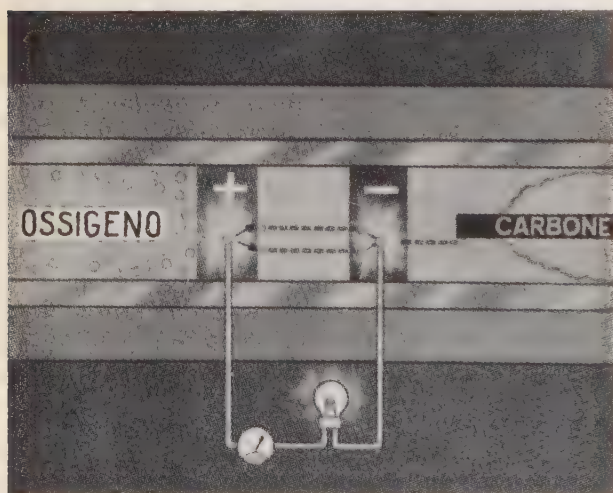


Fig. 2.

in fig. 2. Il carbone reagirà con l'ossigeno che entra nella camera, riducendo la concentrazione dello stesso. La prima ragione per usare una pila a combustibile che fun-

zioni ad alta temperatura è di permettere l'uso di combustibili a basso prezzo, come il carbone. Tali combustibili reagiscono con l'ossigeno solo ad alta temperatura.

Durante il funzionamento, una pila a combustibile ad alta temperatura si comporta così: una molecola d'ossigeno si sposta attraverso il primo elettrodo fino a raggiungere l'elettrolita, dove preleva 4 elettroni, formando ioni d'ossigeno separati. Con ciò una carica positiva resta sull'elettrodo. Gli ioni si muovono attraverso l'elettrolita e raggiungono il secondo elettrodo, dove cedono i loro elettroni, riformando una molecola d'ossigeno. L'ossigeno continua ad entrare nella camera, formando ossido di carbonio ed anidride carbonica. Questi gas sono espulsi dal sistema. Il secondo elettrodo, ricevendo gli elettroni ceduti, si carica negativamente.

L'eccedenza di elettroni all'elettrodo negativo e la loro scarsità all'elettrodo positivo, determinano un flusso di elettroni o corrente, attraverso il conduttore metallico. Tale flusso elettronico può essere misurato e può fare un lavoro utile. Ciò completa la pila schematica, a combustibile ad alta temperatura.

Il nostro modello da laboratorio corrisponde alla fig. 3, visto in sezione; vi sono rappresentati gli elementi descritti nella pila schematica.

L'energia elettrica prodotta non è neanche lontanamente sufficiente a rendere la pila commercialmente pra-

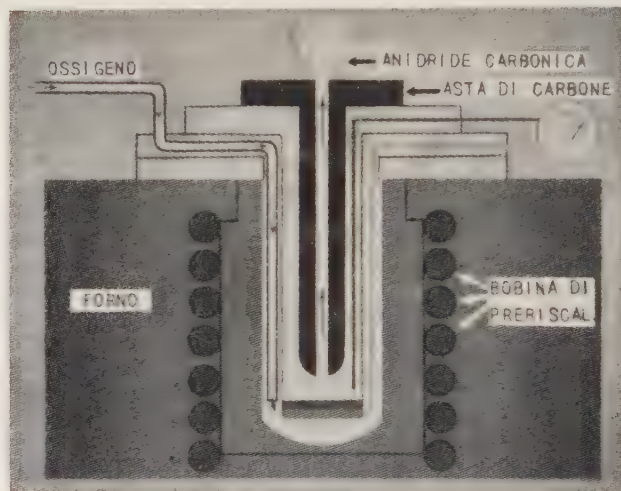


Fig. 3.

tica. Tuttavia, nel futuro, prevediamo sistemi di pile di tale genere, più grandi, che saranno pratici. La pila per ora non può sostenersi ad alta temperatura, senza l'aggiunta di calore esterno.

Nel modello sperimentale la grandezza del forno e dei contenitori maschera la pila a combustibile stessa, ma le ricerche mostrano che si può ridurre il forno ad essere una parte trascurabile del complesso.

Possiamo sostituire lo schema singolo elettrodo-elettrolita, con una serie di piastre sottili, strettamente giustapposte, che possono aumentare notevolmente l'erogazione di potenza. In una pila ad alta temperatura per combustibili così costruita, il calore generato usando combustibili di basso costo, è da solo sufficiente a mantenere la temperatura d'esercizio. Così, si deve soltanto aggiungere calore per mezzo d'un preriscaldatore, all'inizio del funzionamento.

Un problema fra i più difficili da risolvere nelle ricerche sull'evoluzione delle pile a combustibile ad alta temperatura, commercialmente pratiche, è la scelta dei materiali. Si devono scegliere, per gli elettrodi e per l'elettrolita, materiali resistenti alla corrosione prolungata ad alte temperature ed aventi elevata conducibilità elettronica e bassa reattività chimica. I coefficienti di dilatazio-

ne dell'elettrodo e dell'elettrolita devono essere coerenti ed il costo deve essere relativamente basso.

Risolvendo questi problemi di materiali, ciò che avverrà fra 15 o 20 anni, si potrà guardare alla pila a combustibile ad alta temperatura, come ad un efficace sostituto della produzione di potenza per mezzo del vapore, in molte applicazioni. Le caratteristiche peculiari della pila a combustibile offrono molti vantaggi. Un primo vantaggio è che non sono indispensabili grandi organi in movimento.

Il rendimento è indipendente dalla grandezza della pila, per un'estesa gamma di produzione della potenza, in contrasto ai generatori per turbine a vapore, che hanno rendimenti più bassi ai carichi ridotti. Le pile a combustibile sono dispositivi a bassa tensione, a corrente continua, specialmente adatti per un impiego economico nei processi elettrochimici, come nell'industria dell'alluminio.

Nella pila a combustibile ad alta temperatura abbiamo il particolare vantaggio di poter usare, con miglior rendimento, lo stesso carbone che ora usiamo nella produzione di vapore. Forse la proprietà più importante e strana per una pila a combustibile sta nel non funzionare secondo un ciclo termico. Così, viene eliminata la maggior causa d'inefficienza degli impianti moderni di produzione dell'energia.

Poichè la pila a combustibile non disperde molta della sua energia sotto forma di calore di scarico, possiamo predire che, per una data quantità di combustibile, un tale sistema produrrà circa il doppio d'energia utile dei più efficienti generatori moderni a vapore.

La termoelettricità (S. J. Angello).

Questo fenomeno, scoperto 138 anni fa dallo scienziato tedesco Seebeck, è la conseguenza d'una differenza di temperatura mantenuta fra gli estremi d'un conduttore. Mentre le cariche positive nel metallo restano al loro posto, quelle negative si trasferiscono verso l'estremo a temperatura più bassa.

La concentrazione degli elettroni verso un estremo dà luogo ad una differenza di potenziale, che può essere usata per alimentare un circuito esterno (fig. 4).

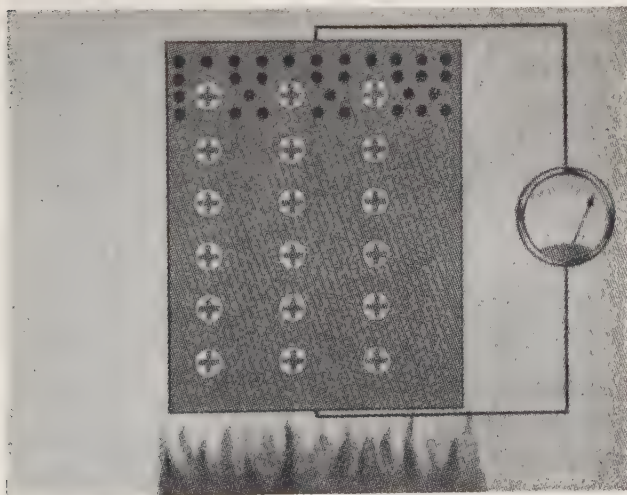


Fig. 4.

Si può ora trovare un altro conduttore che si comporti all'opposto e che collegato in serie col precedente formi una termocoppia.

Ora, vi sono molti fattori interessanti e contrastanti nel progetto d'una termocoppia. Ad es. la tensione ricavabile da un conduttore termoelettrico è proporzionale alla differenza di temperatura fra il punto caldo e quello freddo; essa viene detta la tensione di Seebeck.

Però, tale tensione dipende anche dal numero di elettroni che possiamo far muovere lungo il conduttore.

Il problema consiste nel trovare un materiale che conduca bene gli elettroni e non il calore.

Supponiamo di fare il dispositivo termoelettrico di legno, il calore rimarrebbe confinato ad un estremo finchè il legno non brucia, però gli elettroni disponibili sono pochi e la corrente sarebbe minima.

In una barra di metallo, gli elettroni sono molti e la conducibilità elettrica è buona, però anche il calore sarebbe trasmesso facilmente, così da ostacolare il mantenimento del salto di temperatura.

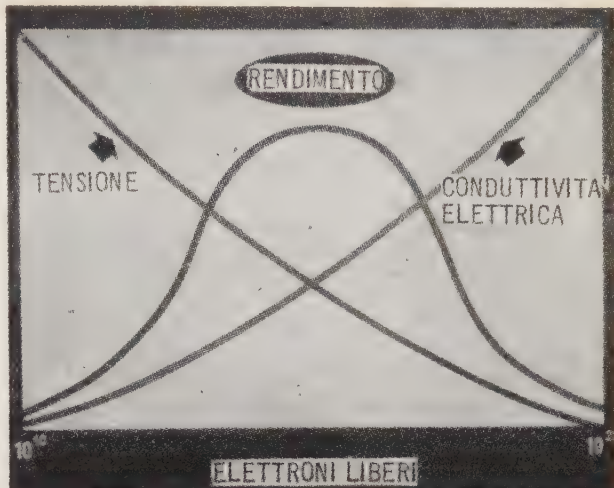


Fig. 5.

Se si dispongono i materiali secondo la loro conducibilità elettrica (dagli isolanti ai conduttori), si trova la curva di fig. 5. La tensione che si ottiene con un materiale termoelettrico cresce col diminuire del numero degli elettroni. Se ne deduce che la massima efficienza cade nella zona dei semiconduttori, sui quali si devono quindi concentrare le nostre ricerche.

Oggi usiamo semiconduttori quali: zinco-antimonio, tellururo di bismuto o di piombo, arseniuro d'indio, ecc. Sono tutti materiali di elevato peso atomico, e cattivi conduttori del calore. Mescolando a questi materiali certi metalli, si può regolare il numero di elettroni per unità di volume, fino ad ottenere le condizioni migliori.

Per ottenere un alto rendimento bisogna portare questi materiali ad elevate temperature. I materiali semiconduttori hanno lo svantaggio che la tensione di Seebeck va a zero ad una certa temperatura; ad esempio per il tellururo di bismuto, a 150°C. Per raggiungere temperature più alte, bisogna che i materiali si comportino in altro modo. Il dr. Zener suggerì di modificare gli isolanti in modo da aumentare la loro conducibilità elettrica.

Poichè questi nuovi materiali non subiscono la perdita della tensione di Seebeck ad alta temperatura, essi possono funzionare vantaggiosamente in questo campo.

I migliori materiali trovati finora danno un rendimento del 17%. Tuttavia, basandosi sulle nostre conoscenze sui semiconduttori speriamo in un rendimento futuro del 30%. Ulteriori conoscenze possono portarci a qualche sorpresa, cioè di materiali che abbiano rendimenti superiori. Non ci si deve sorprendere che ciò possa accadere, perchè le nostre conoscenze sui semiconduttori sono ancora limitate. Da notare che ci si è riferiti al rendimento dei materiali, non del generatore stesso, che è tutto un altro problema, che considereremo subito. Prima, però, torniamo alla nostra termocoppia, costruita coi migliori materiali semiconduttori, disponibili ora. Possiamo aumentare l'erogazione di potenza collegando diverse ter-

mocoppie in serie. Non solo, possiamo disporle sulla superficie d'un cilindro e, sovrapponendo diversi ordini, costruire un generatore termoelettrico, che può essere scaldato bruciando: carbone, olio o gas, o disponendolo attorno ad un reattore nucleare (fig. 6).

Naturalmente, possiamo agire in molti modi per aumentare il salto di temperatura. Ad es. possiamo asportare il calore dal lato freddo, per mezzo d'acqua di circolazione o con una corrente d'aria fredda. Quando nessuno di questi mezzi fosse disponibile (come nello spazio esterno), il calore s'irraderebbe dal conduttore verso lo spazio. Ognuno dei mezzi elencati per il raffreddamento influenzerebbe il progetto d'insieme del generatore.

Nel progetto del generatore, si incontrano altri problemi di materiali. Si ha a che fare con temperature elevate. Ciò solleva altri problemi, di corrosioni di parti per ossidazione e per l'azione di vapori prodotti dai materiali termoelettrici. Ci sono poi i problemi d'isolare, elettricamente e termicamente, e di trovare conduttori che possano venire collegati ai semiconduttori.

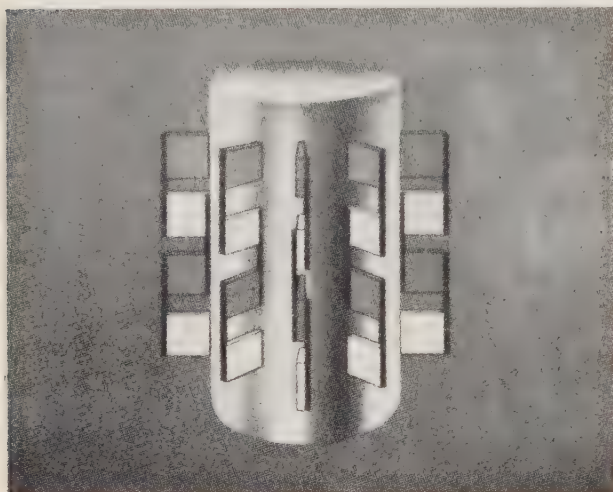


Fig. 6.

Inoltre, v'è la questione di trasmettere il calore dove vogliamo, ossia attraverso i materiali termoelettrici, e non intorno ad essi od al camino.

Esistono anche problemi puramente meccanici, poichè gli elementi devono essere compressi, per ottenere stabilità agli urti ed alle vibrazioni. Inoltre, i cicli termici, da freddo a caldo ed ancora a freddo, possono introdurre sforzi meccanici.

È noto che negli impianti classici quanto più piccola è l'unità tanto minore è il rendimento, invece nel generatore termoelettrico la potenza aumenta con l'aumentare della superficie, mentre il rendimento rimane sostanzialmente lo stesso a qualunque potenza.

Si può chiedere su quale programma si stia lavorando. Nel 1960 i dispositivi termoelettrici possono darci un rendimento del 6 %. Entro 5 anni speriamo di ottenere dai materiali disponibili un rendimento del 30 %. Però, occorrerà del tempo per applicare questi materiali efficienti al funzionamento d'un generatore industriale.

Solo verso il 1970 speriamo di poter arrivare a costruire un generatore da 100 MW, che potrà costare in ragione di 80 doll/kW. Esso avrà un rendimento del 20 % e sarà scaldato per via nucleare. Ciò darà un mezzo di propulsione sottomarina silenzioso, od un'unità per carico di punta, con gli stessi vantaggi.

In quanto alle applicazioni nello spazio, possiamo solo dire che ce ne saranno molte.

La termoionica (Relatore J. M. Coltmann).

Una piastra di metallo contiene elettroni in libertà e cariche positive stazionarie; scaldandola, solo gli elettroni si muovono con maggior vivacità. Disponiamone un'altra parallela ad essa e facciamo il vuoto nell'intervallo fra le due piastre (fig. 7).

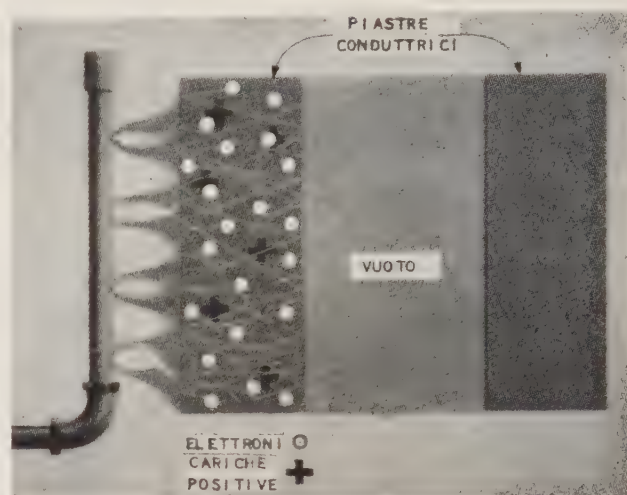


Fig. 7.

Col crescere della temperatura nella prima piastra, si verifica una fuoriuscita sempre più attiva di elettroni, verso l'altra. Gli elettroni, seguendo il circuito esterno, ritornano alla prima piastra, producendo energia elettrica (fig. 8).

L'emissione di elettroni da una superficie solida riscaldata viene utilizzata da molto tempo nelle valvole radio. L'applicazione di questo concetto ai convertitori di potenza è invece nuova. Tanto nuova, che attualmente si è ancora nel campo delle prove di laboratorio. Tuttavia, si è già progredito tanto che crediamo di poter riuscire a produrre potenza utile, con questo sistema, in un

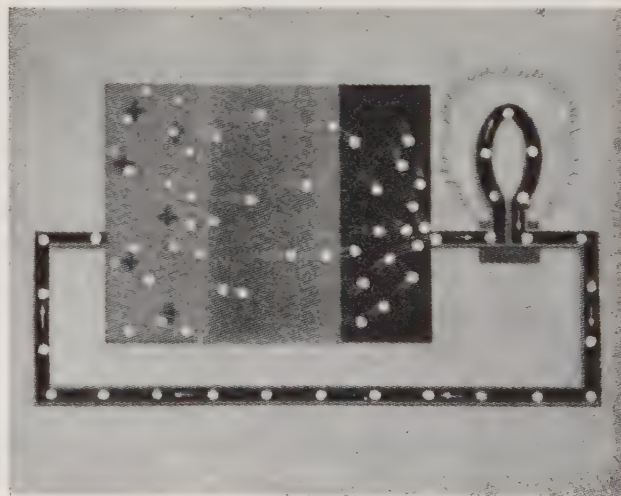


Fig. 8.

prossimo futuro. Conviene pertanto esaminare in dettaglio i fattori che influiscono sul fenomeno termoionico.

Sarà d'aiuto usare un diagramma del potenziale. Questo è semplicemente un grafico che mostra l'energia potenziale d'un oggetto, ossia la sua attitudine a produrre lavoro. Un'analogia familiare è quella del carrello su

rulli. Quando il carrello è a piano di terra, il suo potenziale è nullo e non può portare in giro passeggeri.

Quando il carrello è tirato su un piano inclinato, fino alla sommità, acquista energia potenziale. Consideriamo la sua altezza sul piano terra, come misura della sua energia potenziale in ogni punto del suo percorso. Da qui in avanti esso può compiere un lavoro o sviluppare calore.

Durante la discesa la frenatura produce infatti calore nei ceppi, resta però sempre energia disponibile per raggiungere la fine della discesa.

In modo analogo, possiamo segnare l'energia potenziale d'un elettrone nel nostro sistema termoionico.

Consideriamo appunto un elettrone nel catodo del sistema termoionico semplificato, indicato in precedenza. Tale elettrone è imprigionato nel catodo da una forza superficiale elettrica, che assicura un'efficace barriera contro la sua fuga. Appena il catodo viene scaldato, questo elettrone comincia ad agitarsi. Nel diagramma potenziale vediamo il nostro elettrone tentare di superare la barriera catodica (fig. 9).

Col crescere della temperatura, il calore comincia ad irradiare dalla piastra catodica. Aumentiamo ora la temperatura fino a spingere l'elettrone oltre la barriera, fuori dal catodo.

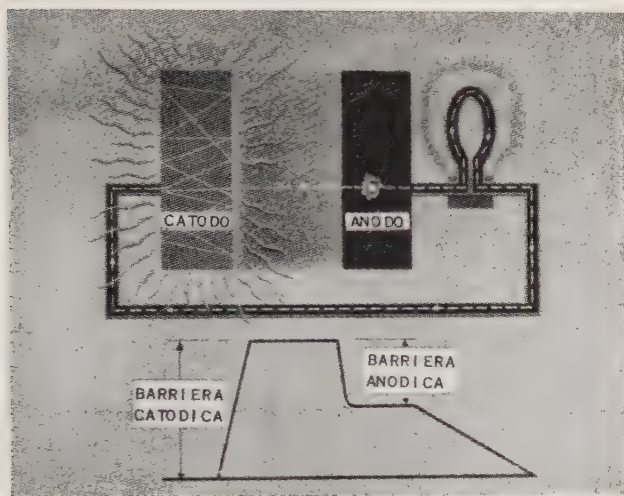


Fig. 9.

Quando ciò succede, l'elettrone, ricco d'energia potenziale, si sposta nel campo potenziale, finché raggiunge l'anodo.

A questo punto, l'elettrone «cade» sulla piastra anodica, perdendo parte della sua energia come calore. Il resto è ancora disponibile per fare lavoro utile. Ciò è possibile se la barriera anodica è minore di quella catodica.

Così, l'elettrone scorre via dall'anodo, seguendo l'ultimo tratto del diagramma del potenziale. Questa energia dell'elettrone viene usata per accendere le lampade del nostro sistema termoionico di potenza, semplificato. Dopo aver percorso l'ultima pendenza del diagramma del potenziale, l'elettrone raggiunge il potenziale nullo, donde era partito.

Consideriamo il funzionamento normale del sistema. Quando la temperatura attorno al catodo viene aumentata, molti elettroni sono emessi. Essi seguono lo stesso ciclo detto prima.

Osservando il dispositivo termoionico, certi fatti diventano evidenti. Se la corrente è piccola, le perdite di calore prodotte dalla radiazione prevalgono e riducono l'efficienza del dispositivo al minimo. L'efficienza aumenta, aumentando la densità della corrente. Però, a causa

dell'altezza della barriera catodica, il solo modo possibile è di applicare temperature elevate. Un funzionamento efficiente è possibile perché la radiazione ad alta temperatura aumenta molto meno rapidamente della corrente. Così, quanto maggiore è la temperatura e tanto più elevato è il rendimento (fig. 10).

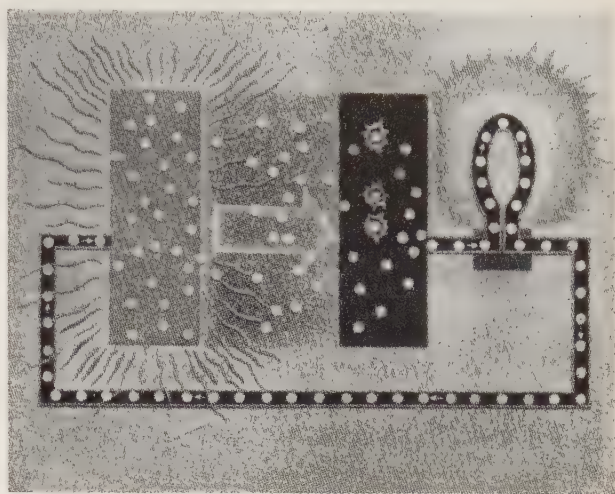


Fig. 10.

L'alta temperatura è uno dei fattori importanti d'un generatore termoionico. Il problema è allora di trovare materiali che sopportino alte temperature di funzionamento.

L'evoluzione d'un dispositivo termoionico vantaggioso dipende dalla risposta a questa domanda. Nel passato non vi furono ragioni per cercare materiali aventi le caratteristiche peculiari richieste da un convertitore termoionico; cioè, materiali altamente refrattari, con tasso d'evaporazione basso ed alto potere emissivo degli elettroni. Perciò, il campo è del tutto inesplorato e si stanno facendo ricerche.

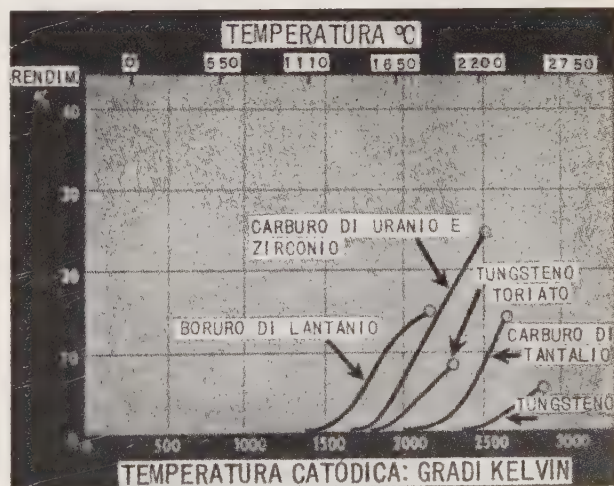


Fig. 11.

Sono pochi i materiali sui quali si è sperimentato. A scopo illustrativo abbiamo calcolato i dati di comportamento per questi materiali, ammettendo certe ipotesi semplificative. In fig. 11 la scala orizzontale rappresenta la temperatura e quella verticale il rendimento, in per cento.

Si osserverà che la curva, per ogni materiale, comincia da un punto diverso dell'asse orizzontale. Ciò significa che bisogna arrivare a tale temperatura prima che un numero apprezzabile di elettroni possa superare la barriera di lavoro.

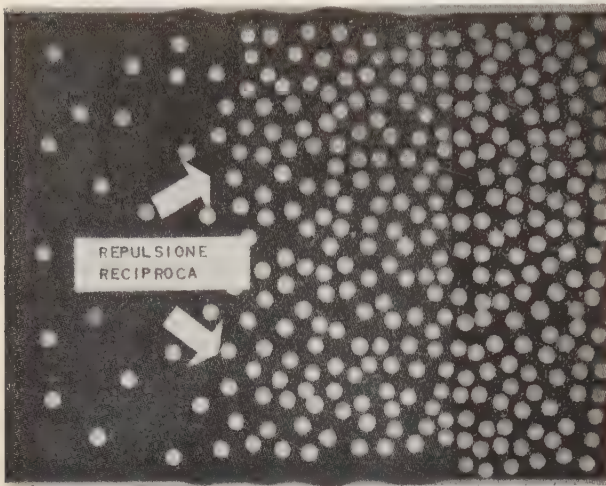


Fig. 12.

In ogni caso, la curva termina ad un diverso livello del rendimento. Il punto in cui finisce corrisponde ad un eccessivo tasso d'evaporazione del materiale.

Così il problema diventa abbastanza chiaro. Ogni materiale fissa una temperatura massima di funzionamento. Molti materiali raggiungono tassi d'evaporazione eccessivi, prima di dare rendimenti interessanti. Perciò il compito è di trovare quei materiali che combinano un buon rendimento ad una durata ragionevole.

Tornando indietro d'un passo, abbiamo detto che condizione essenziale per il buon funzionamento d'un convertitore termoionico è un'alta densità di corrente. Abbiamo detto che questa dipende, a sua volta, da due fattori: temperatura e materiali. V'è però anche un terzo fattore, molto importante. È la « carica spaziale », ossia, la repulsione mutua degli elettroni, che limita la corrente,

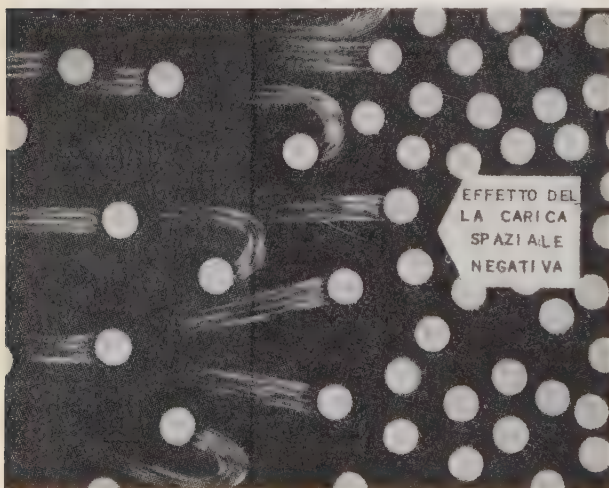


Fig. 13.

anche se la temperatura è adeguata. Torniamo al catodo ed all'anodo del nostro sistema termoionico.

Come si è detto, applicando calore al catodo, gli elettroni si agitano. Uno alfine supera la barriera di poten-

ziale ed, attraverso il vuoto, arriva all'anodo. Uno schema illustra questo fatto (fig. 12).

Esaminiamo il campo nel vuoto: gli elettroni, tutti carichi allo stesso modo, si respingono. Questa è la carica spaziale; la sua tendenza è di trattenere gli elettroni sul

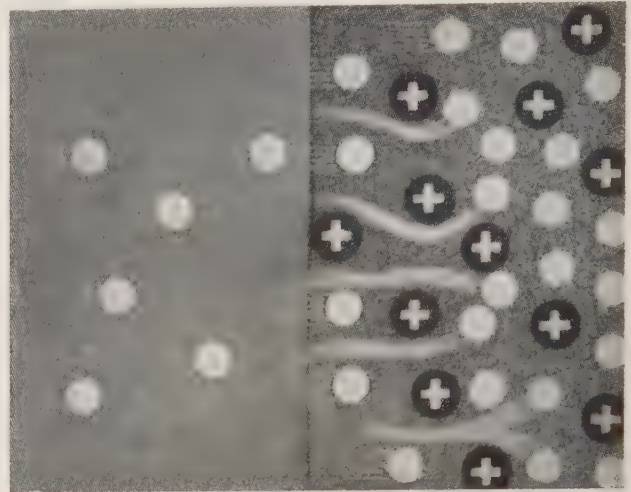


Fig. 14.

catodo, prima che possano arrivare all'anodo. Poiché questa tendenza agisce contro il rendimento, si deve prendere qualche provvedimento (fig. 13).

Si è tentato un artificio, che al presente sembra promettente, introducendo ioni positivi pesanti nello spazio fra il catodo e l'anodo. Gli ioni sono pesanti e lenti; vi sono inoltre tanti ioni positivi, quanti sono gli elettroni negativi. Lo spazio è allora elettricamente neutro e gli elettroni, invece di respingersi, si muovono in modo più o meno regolare verso l'anodo (fig. 14).

Questi ioni vengono prodotti dal metallo cesio. Si può pensare tale plasma di cesio, come talora si dice, come un conduttore solido, che unisca il catodo all'anodo. Gli ioni di cesio assumono le funzioni d'un filo di rame. Ne risulta una diminuzione notevole del fattore di carica spaziale (fig. 15).

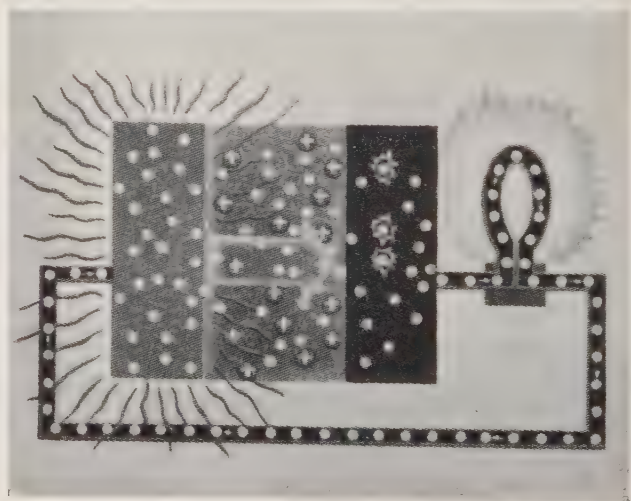


Fig. 15.

Nella fig. 16 si vede un tubo di vetro a vuoto, che contiene un sistema termoionico completo. Il piccolo cilindro con alette raffreddanti è l'anodo. Nel suo interno, ma separato da esso dal vuoto, è il catodo: un filamento di

tungsteno. Un voltmetro è connesso fra il catodo e l'anodo.

Riscaldando il filamento di tungsteno ad alta temperatura otteniamo una tensione di alcuni volt. Collegando un carico ed un amperometro, tuttavia, non abbiamo praticamente corrente e la tensione si riduce a zero. La carica spaziale ha permesso solo il passaggio d'una piccolissima corrente.

Facciamo ora un passo avanti. Nel piccolo forno v'è un tubo di vetro identico al precedente, salvo che contiene una capsula di vapore di cesio. Rompendo la capsula il gas esce nel vuoto, fra il catodo e l'anodo. Il forno circostante mantiene caldo il cesio, fornendo un numero sufficiente di ioni di cesio nello spazio fra catodo ed anodo. Riscaldando il catodo, la tensione generata è circa eguale a quella di prima.

Possiamo però ora produrre una corrente apprezzabile, sufficiente per accendere una piccola lampada. Possiamo anche far girare un minuscolo motore.

Tutto ciò è certamente modesto ed ancora solo frutto di laboratorio. Tuttavia, se ne possono apprezzare le possibilità potenziali. Come si potrà usare in avvenire?

A causa della necessità di funzionare ad alta temperatura, dispositivi di questo genere sembrano adatti per la produzione commerciale di potenza, come unità di punta d'un impianto nucleare a vapore, poichè potrebbero sfruttare le alte temperature disponibili. Come esempio

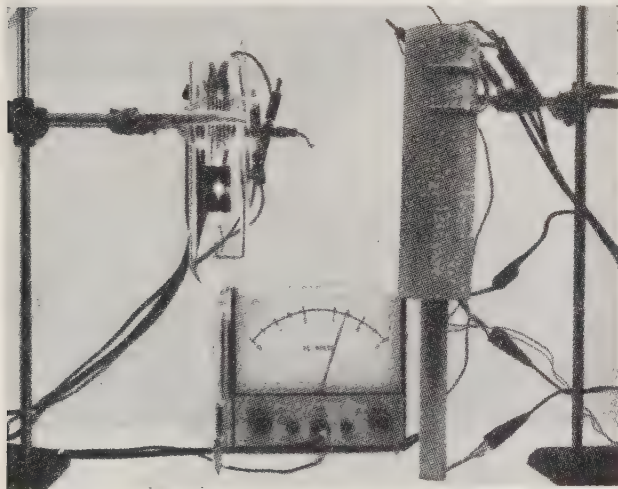


Fig. 16.

di calcolo, supponiamo un impianto nucleare a vapore avente un rendimento del 27 %, l'aggiunta d'un'unità di punta termoionica, con un rendimento di conversione del 20 %, assicurerebbe un rendimento complessivo del 42 %. L'erogazione di 50 MW elettrici verrebbe elevata a 77 MW.

Tenuto conto dei costi del capitale della parte a vapore dell'impianto, ed includendo i costi della conversione della corrente da continua ad alternata, si ricava un costo capitale di 190 doll/kW degli elementi termoionici. La durata d'un elemento termoionico, ora difficile da prevedere, è naturalmente un fattore critico in queste considerazioni economiche.

Un altro campo d'impiego viene suggerito dalla attitudine ad utilizzare come sorgente di calore le radiazioni solari, dove si possono ottenere temperature d'esercizio molto alte. Nelle applicazioni spaziali, la caratteristica di temperatura elevata all'uscita dei generatori termoionici, rende possibile il progetto di radiatori leggeri per dissipare il calore.

Fra due o tre anni avremo alcuni dispositivi interessanti in esercizio, e si spera d'erogare energia almeno nell'ordine di 100 watt.

La Magnetoidrodinamica (Relatori S. Way e W. S. Emmerich).

La « magnetoidrodinamica » considera lo spostamento d'un gas attraverso un campo magnetico, ricercando come si possa ricavarne una corrente elettrica.

È noto da tempo che un conduttore percorso da corrente, in un campo magnetico risente d'una forza; è il principio del motore elettrico. Lo stesso succede per un liquido.

Poniamo del mercurio liquido in un campo magnetico; quando una corrente passa nel mercurio, il conduttore liquido, proprio come quello solido, si sposta sotto l'azione del campo magnetico.

Al contrario, applicando una forza ad un conduttore in un campo magnetico, si determina una corrente elettrica nel conduttore. Questo è il principio di base del generatore elettrico. Da molti anni si è prodotto energia elettrica facendo muovere un conduttore solido in un campo magnetico; il principio è valido anche se il conduttore è liquido.

Invertendo l'esperimento precedente, gli estremi del circuito sono staccati dalla pila ed inseriti su un galvanometro. Se si forma corrente nel circuito, essa sarà indicata dal galvanometro. Se si versa mercurio nei tubi che scorrono attraverso il campo magnetico, l'ago del galvanometro si sposta.

La lettura del galvanometro mette in evidenza che questa corrente è generata per magnetoidrodinamica, cioè dal passaggio d'un fluido attraverso un campo magnetico. Può essere interessante notare che questo stesso esperimento venne fatto 130 anni fa da Michele Faraday. Vedremo in seguito che un gas produce lo stesso effetto.

Più di 125 anni fa, Faraday mostrò come si poteva applicare il principio della magnetoidrodinamica per produrre potenza elettrica. Egli costruì un dispositivo composto di due elettrodi, con un intervallo libero fra di essi. Connesso agli elettrodi era un galvanometro.

Questo dispositivo fu immerso nel Tamigi. Il fiume è un liquido che si muove nel campo magnetico terrestre. In base alla teoria magnetoidrodinamica (MHD), un fiume potrebbe produrre una corrente elettrica.

Faraday ottenne misure incerte sul galvanometro ed, essendo uno scienziato onesto, non fu convinto dei suoi risultati. Tuttavia, egli indicò la possibilità di produrre potenza con l'elettromagnetismo terrestre. L'idea dell'MHD non è quindi nuova.

Oggi, cerchiamo di produrre potenza con un gas ad alta temperatura, piuttosto che con l'acqua. Siamo aiutati in questi tentativi dalla tecnologia moderna e da materiali che non esistevano al tempo di Faraday.

Quando viene scaldato del cesio, gli atomi si agitano e vibrano con maggior energia. Un certo numero d'essi perdono il loro elettrone più esterno. Aumentando la temperatura, aumenta il tasso di perdita degli elettroni. Un atomo che perde un elettrone diventa carico positivamente, perchè ora ha un protone in più degli elettroni. Per definizione diventa un ione. Maggiore è la temperatura e maggiore è il numero degli elettroni liberati.

È noto che se applichiamo un campo magnetico trasverso al moto dell'elettrone, l'elettrone acquista un moto circolare.

Ora, in un gas ionizzato lungo un condotto, vi sono ioni insieme ad atomi normali o neutri, ed elettroni liberi.

Applicando un magnete trasversale alla direzione del flusso, gli elettroni liberi nel campo magnetico tentano di seguire le orbite circolari (fig. 17).

Consideriamo un elettrone fra i milioni contenuti nel gas ionizzato: sotto la spinta del campo magnetico tende a seguire un moto circolare, però, seguendo tale percorso va a colpire un atomo neutro, che ne interrompe l'orbita; esso tenta ancora di riprendere l'orbita circolare, imposta dal campo magnetico, ma viene nuovamente ad urtare un atomo neutro (fig. 18).

Sebbene questa sia una descrizione un po' semplificata, si osserva che in questo modo l'elettrone si sposta verso l'alto.

Se ora poniamo un elettrodo alla sommità del condotto e lo uniamo attraverso un carico con un altro elettrodo alla base, abbiamo in sostanza un generatore MHD. L'elettrone percorre il circuito, accende la lampada ed entra nel condotto attraverso l'elettrodo alla base (figura 19).

Per realizzare l'esperimento occorrono, naturalmente,

Questo apparecchio è essenzialmente il primo generatore elettrico che possa produrre quantità sensibili di potenza per MHD, e per quanto sappiamo le macchine presentate in questa occasione sono uniche, nel senso che funzionano con combustibili chimici, ed in modo sicuro per un periodo di tempo apprezzabile.

Il complesso è montato fra le estremità polari d'un elettromagnete unificato, dello stesso tipo generalmente usato per ricerche sperimentali. Scopo di questo generatore è di eseguire, in scala ridotta, molti esperimenti per-

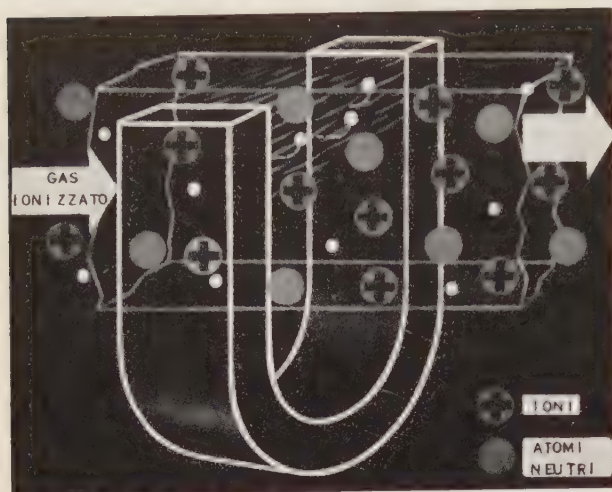


Fig. 17.

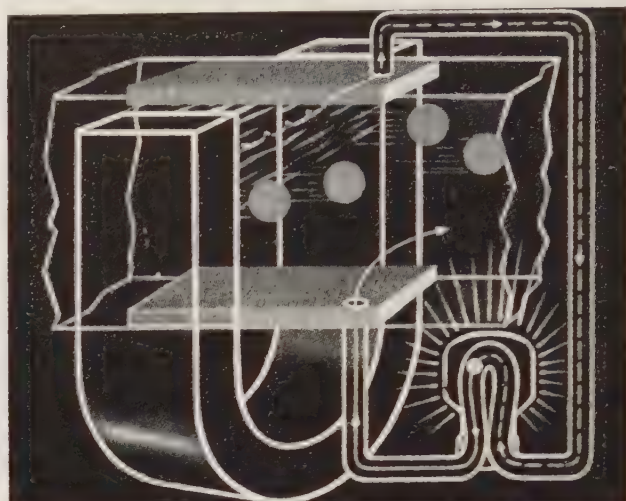


Fig. 19.

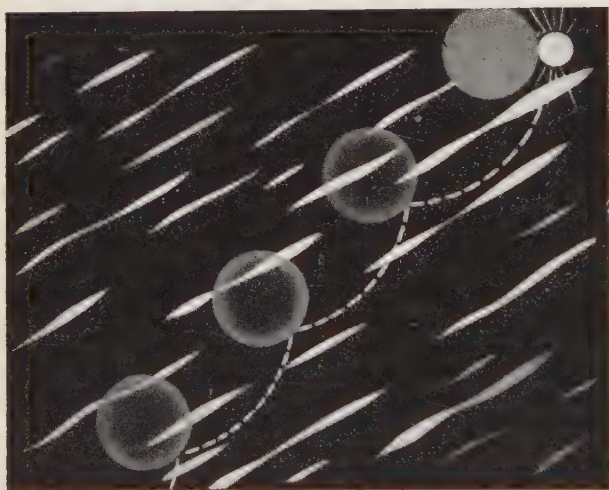


Fig. 18.

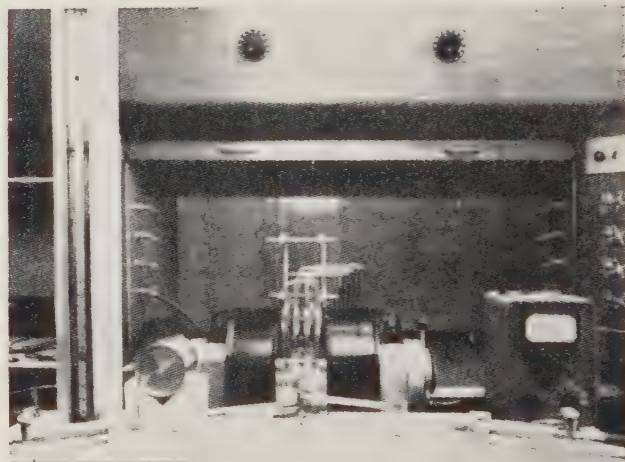


Fig. 20.

certe condizioni. Anzitutto dobbiamo avere un gas ionizzato che provveda gli elettroni. Poiché usiamo il calore per determinare la ionizzazione, ci serviamo del cesio, che ionizza rapidamente ad una temperatura ragionevole.

Basta l'1 % di cesio per dare un'adeguata ionizzazione, e lo dissemineremo in un gas portante, come l'elio.

Il gas deve scorrere nel condotto a velocità molto alta, circa da 3 200 a 6 400 km/h. Tale moto è importante ed adempie alla stessa funzione del moto rotatorio del rame in un generatore comune.

In un modello tipo, la temperatura del miscuglio elio-cesio gassosi potrebbe essere di 2 200°C. La pressione del gas dovrebbe essere di 8 atm.

In fig. 20 si vede un piccolo generatore magnetoidrodinamico, che usa il gas idrogeno come combustibile.

tinenti al progetto di grandi sistemi. Ad es. si sta studiando le proprietà elettriche dello strato limite fra gli elettrodi ed il gas, in condizioni di flusso prossime a quelle d'un apparecchio al vero. Si spera che, oltre alle informazioni tecniche, si possa imparare qualche cosa della fisica dei fluidi, o più precisamente della dinamica del plasma.

Il combustibile è introdotto nel sistema per mezzo d'un comune complesso per saldatura. La fiamma brucia entro un blocco di grafite, che serve da camera di combustione. I gas caldi lasciano l'altra estremità della camera, attraverso una fessura stretta, che agisce da strozzatura, così da ottenere una lamina sottile di gas ad alta velocità ed alta temperatura.

Attraverso un sistema separato d'iniezione, introduciamo nella camera di combustione un composto di po-

tassio, che adempie alla stessa funzione del cesio nella precedente discussione, cioè, per aumentare la conducibilità elettrica del gas.

La camera di combustione è situata, entro il campo magnetico, in una posizione tale che la sottile lamina di gas attivo sia interna e parallela alle facce polari. Due elettrodi sono montati normalmente al campo magnetico, proprio entro ogni bordo della lamina gassosa; attraverso essi l'elettricità prodotta è portata al circuito esterno. Il modo di funzionare di questo generatore è perciò analogo a quello d'una dinamo omopolare, nella quale le spazzole sono sostituite dagli elettrodi ed il rame, nel rotore, da un gas elettricamente conduttore.

In questa macchina non è stato fatto alcun tentativo d'utilizzare il calore del gas di scarico, o di rendere massimo il rendimento della macchina come generatore. Il gas di scarico è semplicemente pompato fuori dall'apertura posteriore.

Uno dei più semplici esperimenti sarebbe di verificare la legge dell'induzione di Faraday. È stato controllato il generatore per una variazione molto ampia della densità del flusso magnetico e della velocità di scorrimento, ottenendo un eccellente accordo con la teoria in tutto il campo delle misure.

La maggior parte del lavoro sperimentale finora è stato dedicato alla resistività del percorso elettrico.

Dapprima il combustibile viene acceso ed il flusso del gas aumentato, finché la velocità d'uscita sia di 1750 km/h. Durante questo tempo la tensione cresce proporzionalmente alla velocità del gas. Quando una tensione prestabilita è stata raggiunta, la macchina è per poco circuitata e si legge la massima corrente erogata.

Due domande si presentano alla mente. Quale aspetto prenderà un impianto di potenza MHD? e quando sarà pronto?

I generatori MHD di potenza non entreranno in funzione nei nostri impianti tanto presto. Il generatore illustrato dalla fig. 20 può generare una potenza dell'ordine del watt. Bisogna arrivare a grandi carichi, prima di poter generare potenza MHD ad un livello conveniente di costo.

Oggi siamo interessati soprattutto nel campo di oltre 100 MW per unità.

Sebbene i generatori MHD siano ancora molto lontani, si può farsi qualche idea sull'aspetto di un impianto MHD.

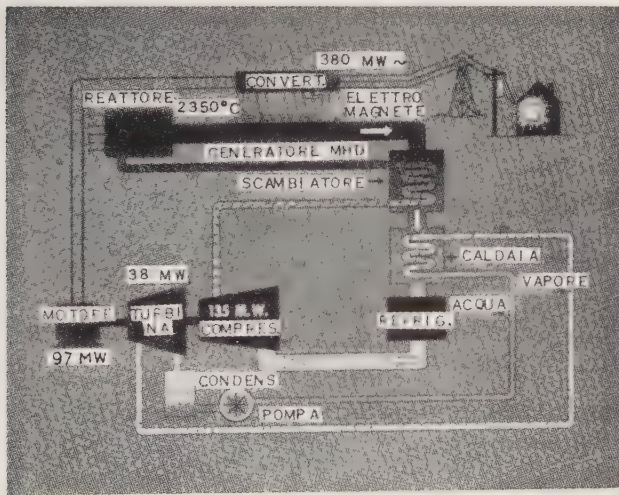


Fig. 21.

Il diagramma di fig. 21 rappresenta una centrale di 380 MW.

In questo sistema si suppone che un reattore atomico scaldi il miscuglio elio-cesio alla temperatura richiesta.

Il gas in seguito passerebbe attraverso il generatore. Indi, ad uno scambiatore di calore per preriscaldare l'elio, da introdurre nel reattore.

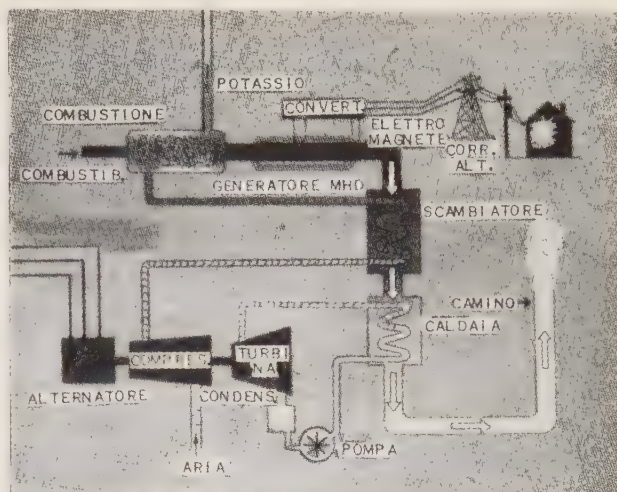


Fig. 22.

Segue una caldaia che produce il vapore necessario per una turbina da 38 MW. La turbina comanda un compressore che comprime il gas elio-cesio, prima d'immetterlo nello scambiatore di calore e nel reattore.

In questa illustrazione, la turbina sarebbe integrata da un motore nel comando del compressore. Si possono progettare complessi nei quali la turbina avrebbe potenza eccedente, in tal caso si userebbe un generatore invece del motore.

I calcoli fatti su questo sistema dimostrano che si può realizzare un rendimento del ciclo del 60 %.

Un convertitore deve essere usato, nel nostro esempio, per produrre corrente alternata, dalla corrente continua. Si può anche pensare di riuscire a produrre corrente alternata direttamente.

Poscia, si potrà rivolgere l'attenzione a un sistema aperto, che usi riscaldatori che brucino carbone, o gas o nafta. I prodotti della combustione sarebbero passati direttamente attraverso il sistema, in sostituzione del miscuglio elio-cesio, finora discusso. In tale sistema diretto, la temperatura necessaria per un'adeguata conducibilità sarebbe molto maggiore, 2900°C invece di 2320°C (fig. 22).

Il sistema aperto funzionerebbe allo stesso modo di quello chiuso, salvo che i prodotti della combustione sarebbero eventualmente espulsi nell'atmosfera.

Sarebbe possibile, e forse anche desiderabile, usare il riscaldatore a combustibile fossile per riscaldare indirettamente il miscuglio elio-cesio. Questo è un metodo in alternativa che si sta considerando.

Si può essere ottimisti circa la produzione d'energia MHD; tuttavia, i problemi ancora da superare sono formidabili.

Abbiamo visto che la produzione può aver luogo solo ad alta temperatura. La temperatura minima è di 1950°C. Dobbiamo trovare nuovi materiali e nuove strade per utilizzare i materiali noti, in modo da non compromettere la loro resistenza strutturale. Essi devono anche poter contenere un gas che scorre con velocità da tunnel aerodinamico, cioè di circa 4800 km/h.

Abbiamo anche il problema degli elettrodi. Il materiale degli elettrodi deve essere chimicamente inattivo, resistere ad alte temperature e velocità e tuttavia essere un conduttore adeguato; una combinazione di caratteristiche non facile da realizzare. Si deve assicurare anche le condizioni adatte per raccogliere e trasmettere la cor-

rente da questi elettrodi. Attualmente si sperimenta con la grafite ed il tungsteno per gli elettrodi, però in questo campo c'è ancora molto da fare.

Per le pareti del contenitore si sta provando con le ceramiche, resistenti a temperature di 2800°C ed oltre. I problemi sono paralleli a quelli che s'incontrano nell'evoluzione d'un razzo nucleare.

I materiali non devono reagire col gas in movimento lungo la loro superficie di contatto, anche per le temperature estreme, nonché per le velocità e gli sforzi in gioco. Essi devono avere qualità adeguate d'isolamento termico; alcuni devono essere non conduttori ed altri ottimi conduttori.

Questi stessi materiali devono presentare alta resistenza agli urti termici, all'avviamento ed all'arresto del generatore.

E tutti questi problemi non riguardano solo il generatore, ma anche lo scambiatore di calore, che ha il compito di trattare gas nella gamma da 1700 a 2200°C . Nel sistema chiuso, il reattore ad alta temperatura presenta pure seri problemi evolutivi.

Tanti sono i problemi inerenti alla produzione d'energia MHD, che neanche una fantasia fervida può illudersi di risolverli a breve scadenza.

Si sta tuttavia lavorando su tutti questi problemi, e si hanno grandi speranze, poichè per ogni problema sono stati sviluppati piani definitivi e sistematici di ricerche e di perfezionamenti. E su ogni problema si sono già ottenuti progressi sensibili.

Abbiamo fiducia che in una futura riunione sullo stesso argomento potremo presentare un generatore magnetoidrodinamico avente una potenza di centinaia di MW, completo, nella forma e nei risultati sperimentali, pronto ad entrare in funzione nelle reti elettriche di produzione e distribuzione dell'energia. Oggi 8 marzo '60, possiamo solo presentare un modello che ha funzionato a carico ridotto, per 4 minuti, dando una potenza di 2,5 kW. Extrapolando i risultati di questa prima prova si può assegnare al generatore una potenza nominale di 10 kW. Il generatore ha funzionato con comune nafta per caldaie (fig. 23).

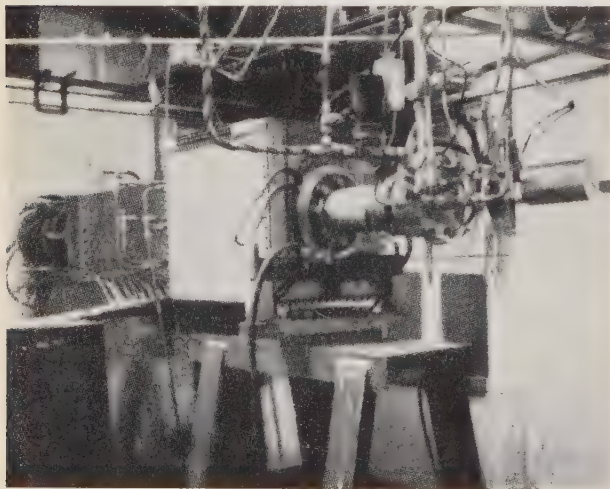


Fig. 23.

Sorgenti ad alta temperatura con combustibili: fossile ed atomico (Relatore W. E. Shoupp).

L'esperienza sulle sorgenti attuali d'energia insegna che, quanto più alta è la temperatura della fiamma e tanto maggiore è il rendimento della trasformazione del calore in energia elettrica, ossia l'utilizzazione del combustibile impiegato. Qui si parla solo di combustione chi-

mica, che attualmente è la sorgente principale di temperatura e di potenza.

Ora la combustione chimica può aver luogo a molte temperature e con velocità diverse.

L'arrugginimento del ferro è combustione. Esso avviene molto lentamente ed a bassa temperatura. L'esplosione della nitroglicerina è pure una combustione; essa avviene rapidamente e con alta temperatura.

Sebbene si pensi che l'ossigeno sia la causa della combustione, ciò in effetti non è sempre vero. Certi metalli bruciano in presenza d'azoto. Certe sostanze, come l'idrazina (N_2H_4), possono bruciare in proprio senza l'ausilio d'altra materia.

Sta di fatto che possiamo creare temperature della fiamma da 1700°C a 4600°C . Però quando ci avviciniamo ai valori più elevati ci troviamo in presenza di due problemi. Se dobbiamo produrre una certa potenza con materiali rari e costosi, i nostri propositi sono frustrati in partenza. Inoltre, se i materiali necessari per creare queste superfiame richiedono il consumo d'ingenti quantità di potenza, per adescare la combustione, siamo ancora in difetto.

Il numero dei materiali che possiamo usare, per contenere temperature elevate, diminuisce rapidamente salendo nella scala della temperatura. Ai livelli più alti abbiamo i materiali di tipo ceramico, che generalmente hanno bassa duttilità e piccola resistenza meccanica alla tensione. Ciò li esclude dalle macchine rotanti ad alta velocità, che usiamo oggi. Tuttavia, essi possono essere usati in sistemi statici, quali sono stati descritti anticamente.

Avvicinandoci a temperature molto alte dobbiamo ridurci a sorgenti statiche o passive di calore. Primo esempio ne è il reattore nucleare, dove ogni elemento sta fermo e diventa caldo. Consideriamo le possibilità del reattore come sorgente di calore ad alta temperatura. Nella maggior parte dei reattori ad acqua la temperatura d'erogazione è dell'ordine di 315°C , molto al di sotto dell'intervallo da 1700 a 4600°C detto sopra. Ciò, però, non significa che i reattori nucleari siano sostanzialmente dispositivi a bassa temperatura, anzi è vero l'opposto.

Al presente, bisogna fare due considerazioni. Prima: siamo agli inizi dell'evoluzione del reattore, non abbiamo i materiali e la tecnologia adatti per svilupparli come macchine ad alta temperatura perfezionate, come accadrà in avvenire. Seconda: l'aumento dei costi del capitale e la complessità degli impianti, che s'accompagnano all'aumento della temperatura, superano il guadagno in rendimento che le alte temperature permettono di realizzare.

Entrambe queste considerazioni miglioreranno col migliorare dei materiali, ed allora saremo maturi per un'evoluzione molto interessante. Per mostrare i vantaggi di essa, osserviamo l'interno d'un reattore nucleare, dove di fatto otteniamo ora energie equivalenti a 500 miliardi di $^{\circ}\text{C}$. Il fatto che non utilizziamo quelle temperature non è un difetto del reattore. Ecco quello che avviene.

Secondo una geometria ora accettata per il combustibile atomico, si usano capsule d'ossido d'uranio di forma cilindrica. Diverse capsule sono poste in un tubo d'acciaio inossidabile o di lega di zirconio.

Riunendo un numero di questi tubi sufficiente a determinare la fissione, ecco quanto succede. Un neutrone colpisce l'atomo d'uranio, eccitando la fissione, che produce, insieme ad altri neutroni, due frammenti atomici ad alta velocità, contenenti un'energia di 180 milioni di voltelettroni. Questa può trasformarsi in calore, per mezzo d'un trasformatore semplice ed efficiente, o, più esattamente, con un trasduttore. Le particelle in più di UO_2 che circondano il nucleo in fissione, compiono questa funzione: di mano in mano che i materiali circostanti sono colpiti dalle particelle di fissione, esse acquistano un moto caotico che produce il calore.

L'energia di questo processo di fissione è equivalente

a 500 miliardi di °C. Così non è il processo intimo della fissione che ci riduce ai reattori per bassa temperatura.

Torniamo al nostro elemento di combustibile per un momento, per vedere quanto succede di tutto quel calore. Entro la capsula dove si sviluppa la fissione, si può funzionare a 2 285 °C, cioè abbastanza prossimi al punto di fusione del nostro materiale, che è di 2 800 °C.

Ora, l'UO₂ è un materiale ceramico poco conduttore del calore, perciò dall'interno all'esterno si verifica una forte caduta di temperatura, da 2 285 a 560 °C.

V'è poi un'intercapedine fra il complesso UO₂ ed il contenitore d'acciaio inossidabile, la quale serve a compensare il diverso coefficiente di dilatazione dei due materiali. Essa è però anche una barriera per il calore, per cui si ha una ulteriore caduta di temperatura. La superficie interna del contenitore è allora a 370 °C. Altro salto di temperatura si verifica attraverso il metallo, e la superficie esterna si riduce a 358 °C (fig. 24).

L'acqua scorre sulla superficie esterna del contenitore, con una caduta liminare fra essa ed il contenitore, per cui la temperatura massima dell'acqua è di 317 °C. Inoltre, il reattore in certe zone, specialmente verso il lato esterno, presenta fissione meno intensa e dà meno calore. Così facendo, la media del calore ricavato determina nell'acqua una temperatura di 275 °C, ed è così che questa viene usata. Siamo partiti da 2 285 °C per arrivare a 275 °C; non facciamo quindi un uso molto buono del calore prodotto. E sebbene qualche reattore possa funzionare a temperatura più alta di questa, nessuno trae il giusto partito dall'alto potenziale di temperatura inerente al processo della fissione.

Precedentemente sono stati descritti dispositivi termoelettrici. Lo stesso principio può applicarsi ad un reattore per trasformare il calore della fissione in energia elettrica. Un reattore rappresenta una soluzione ideale per tale problema. Primo: è un dispositivo statico che consente l'uso di materiali aventi resistenza alla trazione relativamente bassa. Secondo: può generare temperature

più che si comportino opportunamente nelle condizioni di radiazione che si verificano nel reattore. Ciò pone requisiti piuttosto severi a tali sostanze; si ritiene però che tali materiali saranno trovati, tanto che sono già in costruzione dispositivi di questo genere.

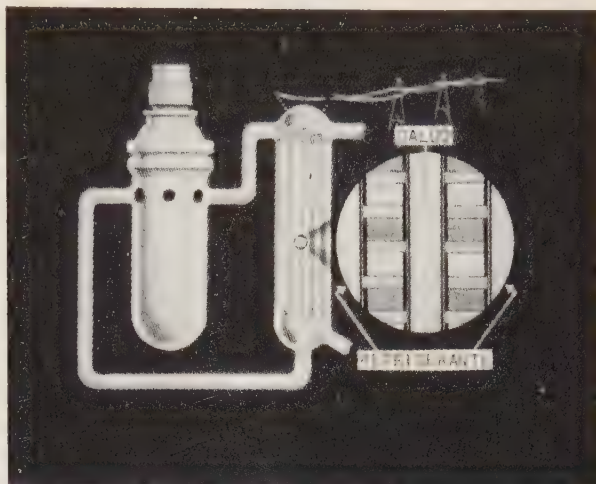


Fig. 25.

Sarebbe possibile evitare gli effetti della radiazione sui materiali termoelettrici, usando questi all'esterno del reattore e riscaldandoli con un fluido che attraversa il reattore. Per far ciò è necessario disporre una specie di caldaia termoelettrica all'esterno del reattore.

La fig. 25 mostra una realizzazione pratica. I comuni tubi di caldaia sono stati sostituiti da «tubi termoelettrici». Il mezzo raffreddante caldo del reattore scorre giù dal centro del tubo, e riscalda le giunzioni calde alterne della termocoppia. L'acqua secondaria più fredda, sulla superficie esterna dei tubi, assicura la necessaria differenza di temperatura.

La potenza termoelettrica in corrente continua è quindi estratta e convertita in corrente alternata. Come principio, la sorgente di calore potrebbe essere: un reattore nucleare, radioisotopi o combustibile fossile. Si può ritenere che tali dispositivi siano veramente pratici nell'ambito da 1 watt a 10 kW. Infatti si stanno costruendo unità di concezione primitiva sperimentale in tale campo. Tuttavia, procedendo verso unità maggiori, questo sistema diventa ingombrante e di scarso rendimento.

Fortunatamente, possiamo fare meglio. Nel sistema di fig. 26, si è circondato l'elemento a combustibile nucleare entro il reattore, con gli elementi termoelettrici. Si riceve calore dall'interno, proveniente dalla fissione dell'uranio, e si fa passare il mezzo raffreddante lungo l'esterno, creando la differenza di temperatura.

Abbiamo attualmente inserito sezioni di questo tipo nel nostro reattore di prova e siamo ben incoraggiati dalle prove del reattore. Questa è la prima volta che la realizzazione di tale idea è stata dimostrata col funzionamento effettivo.

Stiamo studiando un altro dispositivo riguardante il fatto che ogni dato materiale termoelettrico non può lavorare su tutta la gamma di temperature che desideriamo. Cioè, se il lato caldo del dispositivo termoelettrico funziona mettiamo a 315 °C, il lato freddo dovrebbe essere a 260 °C, invece che a 150 oppure 100 °C, come desidereremmo. A causa di tale caratteristica pensiamo a materiali disposti in cascata, secondo lo schema seguente (fig. 27):

Il lato caldo del primo elemento è più prossimo alla sorgente di calore, può essere, poniamo, a 540 °C. Il suo lato freddo potrebbe trovarsi a 420 °C a contatto col lato

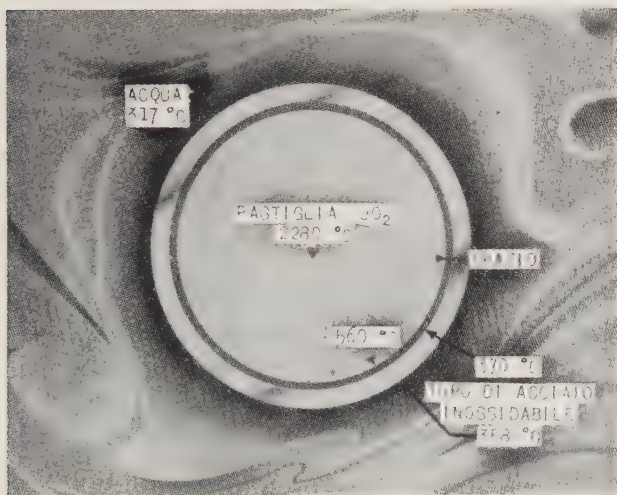


Fig. 24.

elevate nella massa del combustibile uranio. Terzo: può avere un mezzo raffreddante a bassa temperatura. Quindi, un reattore offre la differenza di temperatura richiesta dai dispositivi termoelettrici. Il problema è di esporre le giunzioni calde del dispositivo termoelettrico nel combustibile e le giunzioni fredde nel mezzo raffreddante, moderatore, predisponendo un mezzo per estrarre l'energia generata.

Nella scelta dei materiali termoelettrici, dobbiamo considerare anzitutto le proprietà che li rendono adatti per l'uso termoelettrico ordinario, però ora richiediamo in

caldo del successivo elemento, che scende col lato freddo a 310°C . Pertanto su tutta la gamma della serie, ogni unità generando tensione, l'intervallo di temperatura potrebbe estendersi da 540 a 30°C . Siamo molto lontani dal riuscire a far funzionare i nostri materiali con tanto

sione ragionevolmente alta; si tratta d'un'idea brillante e d'un campo di ricerche attraente per il futuro. Abbiamo già costruito elementi di questa natura, ma non li abbiamo ancora messi in un reattore.

C'è ancora un'idea, abbastanza promettente. Essa im-

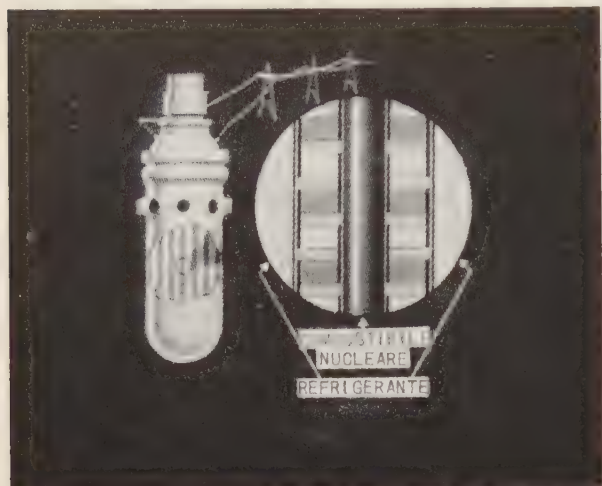


Fig. 26.

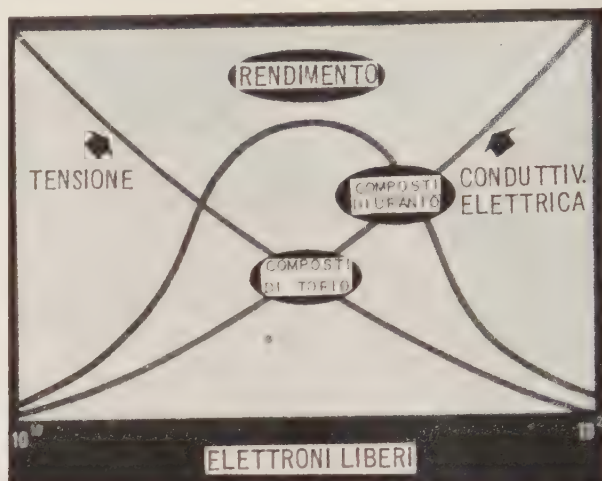


Fig. 28.

ordine, però si tratta d'un altro campo di ricerche che promette miglioramenti nel rendimento dei dispositivi termoelettrici.

Un altro tentativo, sembra più promettente ancora. Certi semiconduttori e materiali a valenza mista, hanno buone proprietà termoelettriche. Ciò succede per i composti d'uranio e torio; gli elementi combustibili dei reattori sono proprio questi materiali.

Riferendoci alla fig. 5 precedentemente illustrata, ricordiamo che sulla sinistra stanno quei materiali che conducono poco il calore, od isolanti, e sulla destra i buoni conduttori, cioè i metalli, e che i materiali termoelettrici stanno in mezzo. La fig. 28 mostra dove l'uranio ed il torio trovano posto su questa curva. Usandoli in certi composti a valenza mista, possiamo realizzare ottimi dispositivi termoelettrici.

Supponiamo di riunire abbastanza di questi elementi,

plica la collaborazione del generatore termoelettrico del dr. Angello col dispositivo termoionico del dr. Coltman, usando calore fornito dalla fissione nucleare.

La fig. 29 mostra l'aspetto di tale combinazione. Gli elementi di combustibile sono incapsulati, non nell'ordinario acciaio inossidabile, come in un reattore comune, ma in un materiale che possa emettere elettroni, così da soddisfare alla condizione del catodo di Coltman. Questo è separato dall'anodo dal plasma gassoso, come si è detto. Tale plasma rappresenta quindi l'anodo del dispositivo termoionico; esso è ancora discretamente caldo, abbastanza per essere usato come giunzione calda d'un generatore termoelettrico. La giunzione fredda è il mezzo raffreddante del reattore. I due dispositivi sono elettricamente in serie e funzionano su un'ampia gamma di temperature, fra l'incandescenza ed il mezzo raffreddante del reattore.



Fig. 27.

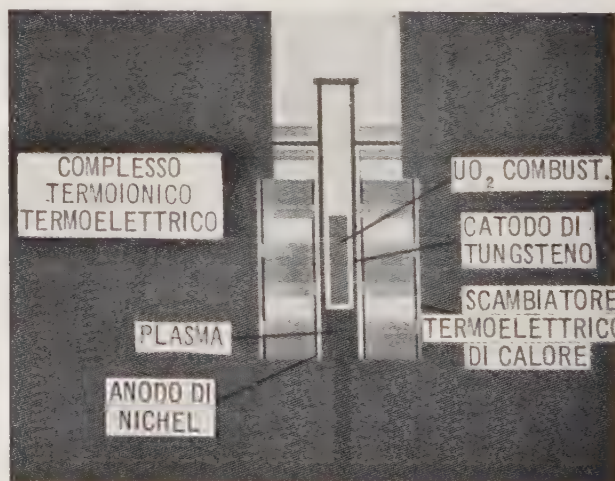


Fig. 29.

in un reattore, da formare una massa critica. Il combustibile in ogni elemento diventa il proprio generatore elettrico. Collegandoli in serie potremmo ottenere una ten-

Si sta costruendo un modello sperimentale di tale dispositivo, che sarà presto pronto per le prove. Quando sarà tecnicamente a posto troverà il suo primo impiego

come generatore d'energia sui satelliti. Opportunamente modificato potrà avere anche applicazioni maggiori.

Non mancano idee interessanti da sviluppare nel campo delle sorgenti di calore ad alta temperatura con dispositivi statici.

Lasciando il tempo necessario, crediamo che la conversione diretta dell'energia di fissione, attraverso la produzione termoelettrica e termoionica possa diventare una realtà. La realizzazione di questo obiettivo dipende dallo sviluppo dei reattori e dallo sviluppo dei materiali termoelettrici e strutturali per alta temperatura.

Per risolvere i problemi presentati dalla produzione in corrente continua (Relatore R. A. Ramey).

I quattro metodi non comuni di produrre energia, esaminati in precedenza, danno tutti corrente continua, sebbene dalla magnetoidrodinamica si possa anche pensare di ricavare corrente alternata. I quattro metodi richiedono quindi in più la conversione della corrente continua in alternata.

Tuttavia, i problemi della conversione saranno risolti anche prima che i sistemi di produzione della potenza in corrente continua siano diventati commerciali. Di fatto, già oggi abbiamo macchine atte a soddisfare a tale compito.

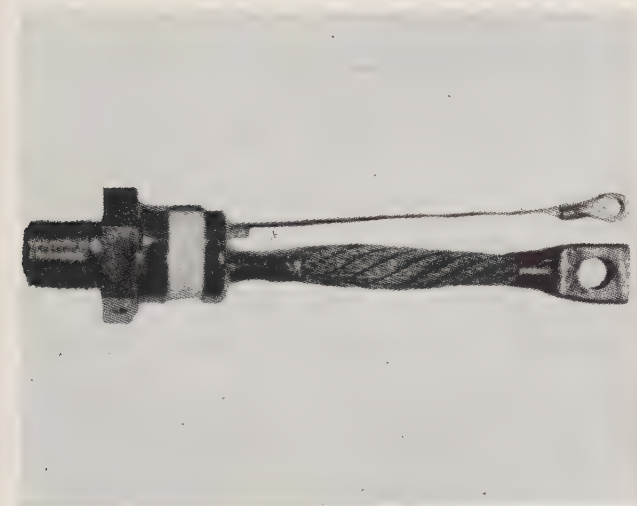


Fig. 30.

Vi sono macchine rotanti che possono assorbire corrente continua per convertirla in alternata. Sebbene progettate per funzionare con sorgenti di potenza in corrente continua comuni, si possono adattare in modo efficiente alle sorgenti di potenza nuove, descritte precedentemente.

Sono anche disponibili i dispositivi ad ignitron, capaci di convertire la corrente continua in alternata, senza organi mobili. Le potenze di questi tubi a vapore di mercurio sono, per tutti gli usi pratici, illimitate.

Tanto i sistemi rotanti che quelli statici ad ignitron hanno elevati rendimenti di conversione e sono il risultato di molti anni di ricerche e di miglioramenti intensi.

Tuttavia, negli ultimi anni, vi sono state innovazioni nei metodi statici di conversione della corrente continua in alternata che promettono di realizzare anche maggiore rendimento ed economia.

L'elemento di base dei nuovi sistemi statici di invertire è un interruttore a semiconduttore solido, detto *Trinitron* (fig. 30).

Sostanzialmente, il Trinitron è un interruttore che può essere controllato in modo da lasciar passare, o non, la

corrente elettrica. Usando questo dispositivo, sono stati realizzati circuiti che alternativamente s'aprono e chiudono, così da derivare energia da una sorgente a corrente continua ed erogare corrente alternata trifase o monofase, avente le stesse caratteristiche di frequenza e forma d'onda della corrente alternata di rete.

Lavorando col trinitron, negli ultimi cinque anni, abbiamo anche sviluppato complessi di conversione della corrente alternata in continua, della corrente continua in continua a tensione diversa e della corrente alternata in alternata di frequenza diversa. Tuttavia, nel campo delle massime potenze gli sforzi dei tecnici sono orientati verso la conversione della corrente continua in alternata.

Per controllare la corrente entro il trinitron c'è un dischetto di silicio, un elemento più piccolo e sottile di una piccola moneta. Questo particolare dischetto può interrompere 100 A a 200 V. Si spera che i materiali e la tecnica, una volta migliorati, ci permetteranno di arrivare a interrompere 1 000 A a 1 000 V, entro i prossimi 5 anni.

Cinque anni fa, i dispositivi a semiconduttori avevano una potenza massima di 50 W. Sei mesi fa, nel 1959, la potenza era aumentata fino a 10 kW.

Oggi, nel marzo '60, si stanno raggiungendo valori di potenza dell'ordine di 150 kW, con la possibilità di progettare complessi di tali apparecchi per potenze da 1 a 2 MW.

E poiché le ricerche sul Trinitron e su gli elementi statici annessi procedono, si può predire realisticamente che i nostri sistemi di conversione a Trinitron potranno controllare carichi da 10 a 100 MW nel 1965.

Per tornare dal futuro al presente, possiamo mostrare ora il funzionamento attuale di un sistema Trinitron, usando un'unità sperimentale da 10 kW. I circuiti in questa unità sono stati studiati per convertire la potenza in corrente continua, erogata da un generatore MHD, in corrente alternata a 400 p/s, monofase.

Variando i circuiti, questo sistema di conversione statica a base di Trinitron potrebbe anche essere progettato per produrre corrente alternata trifase a 60 p/s.

Fra i molti vantaggi promessi da questi sistemi di conversione della potenza a Trinitron statici abbiamo:

Grande sicurezza, in gran parte dipendente dall'assenza di parti mobili.

Alto rendimento. Il rendimento di conversione attuale dei dispositivi a semiconduttori sta fra l'85 ed il 90 %. Col perfezionarsi dei semiconduttori e dei circuiti, il rendimento aumenterà fin oltre il 95 %.

Peso e volume ridotti: è un altro importante vantaggio dei sistemi di conversione della potenza a Trinitron.

Infine, nient'affatto trascurabile è il vantaggio del *minor costo*, specialmente nel campo delle basse tensioni, prevedibile per la maggior parte dei nuovi metodi di produzione dell'energia.

E tutto ciò senza contare la *disponibilità immediata*, poiché i convertitori statici eliminano il ritardo dovuto all'inerzia, normalmente presente nei convertitori rotanti.

Si può ragionevolmente ritenere che il costo d'un sistema Trinitron completo, nella gamma di potenza fra 50 e 100 MW, sarà dello stesso ordine d'un sistema rotante fra il 1965 ed il 1966 e d'un sistema ad ignitron fra il 1966 ed il 1972, dopo di che diventerà sostanzialmente più economico d'entrambi. Naturalmente le unità economiche per potenze al disotto di 50 MW saranno sul mercato molto prima.

Intanto i sistemi non comuni di produzione della potenza, come: la termoelettricità, la termoionica, l'MHD e le pile a combustibile, saranno pronti per applicazioni commerciali in grande scala e di pari passo il costo dei convertitori di potenza a Trinitron promette di ridursi a 40÷45 doll/kW.

Programmi futuri sulla produzione e distribuzione dell'energia elettrica (Relatore J. K. Dillard).

Oggi consideriamo le nostre reti come una grande centrale che fornisca potenza, attraverso linee di trasmissione ad alta tensione, a sottostazioni di trasmissione e di distribuzione e finalmente al consumatore. Su queste basi, produciamo grandi quantità di potenza alla centrale e la suddividiamo in vari stadi, per comodità dell'utente.

Perchè facciamo così? la risposta è data dalla curva di fig. 31, che mostra il costo della potenza prodotta da un impianto a vapore, in funzione della grandezza dell'unità.

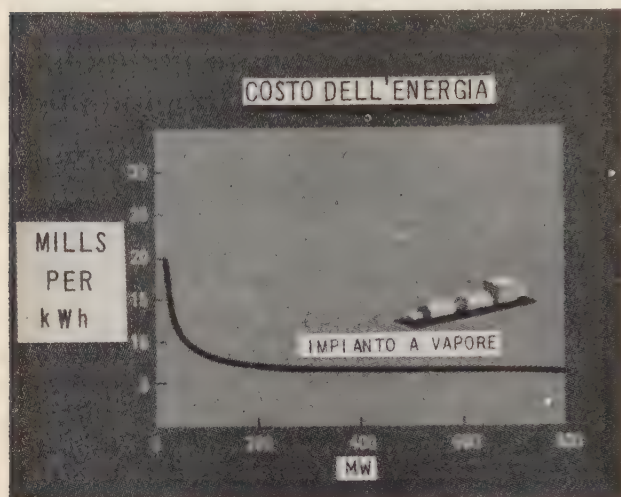


Fig. 31.

Usando altri dispositivi, come macchine a vapore alternative, a combustione interna, batterie d'accumulatori e simili, si troverebbero costi di produzione molto maggiori.

Vediamo pure che la curva s'appiattisce col crescere della potenza unitaria. Non c'è un grande vantaggio, oggi, a costruire impianti da 5 a 10 milioni di kW.

Tutto il nocciolo di questa discussione è qui: Lo schema dei sistemi moderni è basato su considerazioni di costo economico, relative al generatore più efficiente, la turbina a vapore. Se il generatore è sostituito da un dispositivo avente diverse relazioni di costo economico, lo schema dei nostri sistemi di potenza cambierebbe inevitabilmente, per potersi adeguare alle nuove condizioni.

Ad es. se il nuovo sistema di produzione della potenza è più economico in piccole unità, la produzione potrebbe avvenire in quelli che ora sono i punti intermedi del sistema.

Se invece il nuovo sistema è conveniente solo con unità molto grandi, avremmo di preferenza le centrali giganti.

Considerando questo sfondo, è evidente che i sistemi di produzione a conversione diretta ci interessano per tre ragioni importanti:

- 1) prima di tutto, possono arrivare a rendimenti più alti dei sistemi di produzione attuali a turbina;
- 2) secondo, possono dare costi capitale più bassi perchè sono dispositivi statici e perchè i volumi e le pressioni della materia che lavora sono molto più bassi di quelli comunemente richiesti dai sistemi a vapore;
- 3) finalmente, ogni generatore ha caratteristiche individuali economiche e tecniche che possono adattarsi a nuovi compiti nei sistemi di potenza o che potrebbero far nascere concetti del tutto nuovi sull'esercizio dei sistemi di potenza.

Osserviamo la prima possibilità: rendimento maggiore. Gli impianti a vapore moderni hanno rendimenti compresi fra il 27 % per quelli nucleari ed il 42 % per i migliori a combustibile fossile. Entro un decennio o due, il rendimento degli impianti potrebbe salire a circa il 45 %.

Sistemi termoelettrici col 20 % di rendimento saranno realizzati nel prossimo decennio. Più tardi tali rendimenti saliranno anche al 50 %. Ciò richiederà decenni, perfezionando la tecnologia dei materiali.

Rendimenti termoionici prossimi al 20 % sono già stati confermati. Teoricamente sono possibili rendimenti dal 50 al 60 %. Tuttavia, occorreranno decenni prima di risolvere i problemi che ora sono di ostacolo al progresso.

I sistemi di produzione MHD sembrano trovarsi nella gamma dal 40 al 70 % di rendimento. Il rendimento d'esercizio sarà più probabilmente dal 55 al 60 %. Le differenze di rendimento sono in gran parte una questione di sviluppo tecnico di dettaglio, per cicli, per scambiatori di calore, ecc. I problemi dei materiali creati dall'esercizio ad alta temperatura sono sostanzialmente gli stessi su tutto il campo dei rendimenti.

Le pile a combustibile si trovano in una gamma di rendimenti dal 55 al 95 %, con un 75 % probabile per un favorevole sviluppo delle pile a combustibile. La pila a combustibile, come il generatore MHD, è sostanzialmente un dispositivo ad alto rendimento. Il problema, nei due casi, è di costruire un dispositivo capace di fornire energia con la sua caratteristica alta efficienza, per periodi di tempo ragionevolmente lunghi.

Per dare un'idea più familiare, possiamo trasformare questi valori del rendimento in quantità di calore. Passando da questi al risparmio nel costo del combustibile, abbiamo i valori desiderati. Nei prossimi anni i miglioramenti nelle turbine faranno diminuire il costo combustibile di circa 1/3 di mill (millesimo di doll.). La potenza termoelettrica, spinta al limite che oggi si prevede, farebbe ulteriormente diminuire il costo così trovato di 1/4 di mill. La potenza termoionica potrebbe ridurre il costo ancora di 1 mill/kWh. L'MHD potrebbe ridurre il costo di 1,25 mill, mentre le pile a combustibile potrebbero ridurlo di 1,75 mill.

Interessante è vedere il risparmio nei due prossimi decenni.

Per il sistema con generatore a turbina la riduzione del costo è quasi certa.

Per il sistema termoelettrico non ci sarà riduzione potenziale del costo combustibile, se non si trova rapidamente qualche progresso nella disponibilità dei materiali.

Per il generatore termoionico vi sono dubbi anche maggiori. Non esistono materiali catodici che permettano un immediato ottimismo per un alto rendimento dei generatori termoionici di potenza.

Nel caso dell'MHD e delle pile a combustibile vi sono buone possibilità d'arrivare in porto.

Dal punto di vista del rendimento, tanto l'MHD che le pile a combustibile, possono riuscire bene per costituire generatori di base, nei prossimi due decenni. Supposto di riuscire a realizzarli, si avranno economie sostanziali di combustibile.

Ora, consideriamo la seconda importante caratteristica di questi generatori, il loro costo capitale. Generalmente, si può supporre che il costo capitale sia molto alto, perchè questi dispositivi funzionano ad alta temperatura. Tuttavia, molti altri fattori sono d'accordo nel confermare che i costi del capitale saranno ragionevoli. Infatti si può ritenere che questi costi saranno minori del costo dei sistemi attuali.

In primo luogo sono sistemi statici e mancano le sollecitazioni dovute agli organi ruotanti. È più facile trovare materiali che resistano a 2 000 °C ed anche 2 500 °C, qualora non ci sia movimento. Inoltre, il volume del materiale in opera è molto minore di quanto siamo abituati a considerare per le turbine a vapore. Ad es. 1 kg di vapore allo scarico d'una turbina occupa un volume di

circa 30 m³; mentre 1 kg di elio (che farebbe lo stesso lavoro in un generatore MHD) avrebbe un volume da 1,4 a 2,8 m³. Così, il volume totale dei componenti il complesso sarebbe sostanzialmente minore per il generatore MHD.

Dall'esame delle possibilità dei dispositivi di conversione diretta, per il loro uso nelle centrali attuali, risulta che i consumi di calore dei generatori MHD e delle pile a combustibile sono adatti per questi impieghi; al contrario, i generatori termoionici e termoelettrici probabilmente non arriveranno a permettere un servizio di base economicamente conveniente.

Come potranno i dispositivi di conversione diretta dell'energia inserirsi nei sistemi attuali? e come li modificheranno?

La risposta si può trovare esaminando la curva della durata e della distribuzione del carico e la distribuzione del carico nella zona servita dall'azienda che gestisce il sistema.

La fig. 32 dà una curva tipo della durata del carico lungo l'anno. Nel passato le esigenze del carico sono state soddisfatte da unità termiche a seconda della loro età. Il livello del carico base veniva raggiunto con le unità più nuove e più efficienti del sistema, i carichi di punta dalle vecchie unità a vapore a bassa pressione, ed i livelli intermedi dalle unità di media età. La potenza installata deve soddisfare al carico di punta, anche se il carico medio è più modesto.

Il carico ha una distribuzione nello spazio, oltretutto nel tempo; inoltre s'osserva un'interessante evoluzione della distribuzione nello spazio. Sebbene il carico cresca, l'aumento non è lo stesso in tutte le zone. In quelle più lontane da un centro cresce più rapidamente, per cui la densità del carico tende a diventare più uniforme. Questo fatto potrebbe condurre all'installazione di centrali più modeste, distribuite in numero maggiore nella zona servita, invece delle supercentrali attuali.

Osserviamo il lato economico del costo dei mezzi di conversione diretta. Tre di questi dispositivi — termoelettrici, termoionici ed a pile di combustibile — non sono particolarmente sensibili alla potenza totale delle installazioni, dal momento che sono essenzialmente dispositivi di forma compatta. Così gli impianti termoionici, termoelettrici e le pile a combustibile possono trovare impiego come sorgenti decentralizzate, per carichi di punta, che riempiono la parte superiore della curva della durata del carico. In questo campo sono in concorrenza con le turbine a gas. Tuttavia, le previsioni a lunga scadenza favoriscono i dispositivi statici, anche considerando il costo addizionale della conversione della frequenza. Nel periodo dal 1970 al 1980 sembra probabile l'impiego di sistemi termoelettrici di punta, aventi un rendimento del 20 %, a 100 doll/kW.

L'economia del sistema MHD è radicalmente diversa dagli altri tre.

L'MHD è interessante solo nelle grandi unità, da 200 000 kW in su. Ciò perché il generatore MHD è voluminoso, come il generatore a turbina a vapore. Così le previsioni per l'MHD sono per un servizio di base, che riempia cioè la base del diagramma della durata del carico.

I dispositivi termoionici e termoelettrici, potendo ricuperare il calore che altrimenti andrebbe disperso in un reattore nucleare, possono tollerare anche costi d'investimento elevati, persino di 190 doll/kW.

La pila a combustibile, in virtù del suo alto rendimento, può svolgere un servizio di base, quando sia possibile utilizzare in modo soddisfacente un combustibile di basso prezzo. Inoltre, può essere installata in locali sotterranei, in zone molto congestionate, poiché richiede poca acqua di raffreddamento.

La pila a combustione può anche funzionare a rigenerazione, caricandosi come una batteria, durante i periodi di minima richiesta sulla rete e scaricandosi nei periodi

di punta. L'economia di questa prestazione è piuttosto complicata e non sembra interessare tanto presto.

È certo che se il perfezionamento delle turbine a vapore, fino al limite attuale, ha richiesto decenni di studi e di ricerche sperimentali, non si può pretendere di perfezionare sistemi di concezione radicalmente nuova in poco tempo.

Ricerche ed evoluzione tecnica richieste per sfruttare i nuovi metodi di produzione della potenza (Relatore dr. J. A. Hutcheson).

In cinquant'anni di perfezionamenti delle turbine a vapore il consumo di calore è sceso da 4 500 a 2 040 cal/kWh, con risparmi di miliardi di doll/anno.

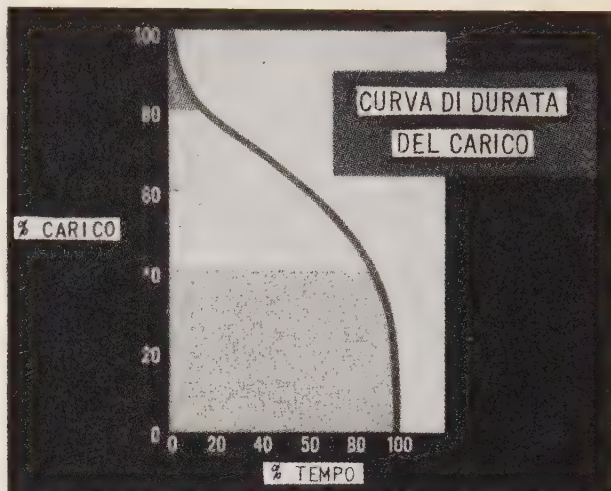


Fig. 32.

La ricerca condotta su scala prossima al vero è stata la chiave del successo dell'industrializzazione di procedimenti di lavorazione nuovi. Infatti a Blairsville, la Westinghouse ha fondato un impianto apposito per le ricerche al vero, anche in campi non precisamente elettrotecnici.

Non bisogna nemmeno dimenticare che, mentre si perfezionano i materiali per i generatori a conversione diretta, anche i materiali per le turbine a vapore si perfezionano, mantenendo un certo distacco, e può darsi che ci siano anche riflessi dei primi sui secondi. Di fatto, gli stessi sforzi rivolti a migliorare gli schemi per la conversione diretta, possono portare ad un miglioramento per quelli comuni. Come abbiamo visto, un piccolo miglioramento nei materiali per le turbine a vapore è largamente compensato dalla riduzione corrispondente nel consumo di calore.

Oggi, le pile a combustibile funzionano su una gamma estesa di temperature, dalla temperatura ambiente fino a quasi 1 100 °C. Le pile che usano combustibili di basso costo stanno all'estremo superiore della gamma. Di regola una pila a combustibile, che usi combustibile a buon mercato, dovrebbe funzionare a 1 000 °C. Pile che usino semplicemente combustibile di basso costo oggi però non ne esistono, così non possiamo prevedere quali saranno le condizioni della temperatura col progredire della tecnica.

I generatori termoelettrici funzionano in prossimità di 1 000 °C. Supponiamo di scoprire materiali con migliori caratteristiche termoelettriche, dobbiamo anche realizzare contenitori per racchiuderli, e collegare assieme conduttori e non conduttori. Tuttavia, non dovremo preoccuparci di alte pressioni.

Per i generatori termoionici i problemi dei materiali sono più difficili. Coi dispositivi attuali, per produrre 100 MW occorre una temperatura catodica di 2000 °C, con una superficie di 900 m². Tenuta presente la complicazione, che questo catodo così esteso deve essere tenuto ad una distanza di 0,5 mm dall'anodo e ad un vuoto molto spinto su tutta la superficie, si valutano subito i problemi da superare.

La temperatura d'esercizio d'un MHD è di 2800 °C; all'interno il gas deve muoversi ad una velocità più che doppia di quella del suono. Inoltre, le pareti laterali non devono essere conduttrici, mentre il fondo ed il soffitto devono esserlo. La tenuta della camera deve essere tale da contenere un vero uragano per molto tempo, fino a vent'anni, senza mai cedere. L'intero dispositivo deve

anche sostenere gli sbalzi di temperatura, all'avviamento ed all'arresto.

Se poi si combinano questi metodi in un reattore nucleare, bisogna anche tener conto delle radiazioni di questo. Le ricerche in corso presso il reattore nucleare di Waltz Mill sono appunto rivolte a tale scopo ed equivalgono alle prove di metallurgia al vero realizzate a Blairsville.

Risparmiare 1 mill (millesimo di doll) sul costo di produzione del kWh significa risparmiare 500 milioni di doll/anno, e poichè fra 20 anni si produrrà quattro volte di più di energia elettrica, lo stesso mill darebbe allora un risparmio di 2 miliardi di doll/anno.

I. L.

NOTIZIE E INFORMAZIONI

Utilizzazione idroelettrica del fiume Metauro

Da pubblicazioni della UNES desumiamo alcune notizie su questi impianti che formarono oggetto di una visita da parte dei partecipanti alla LXI Riunione Annuale ad Ancona.

La utilizzazione idroelettrica del Metauro viene effettuata mediante gli impianti del Furlo sul fiume Candigliano, affluente del Metauro, e di S. Lazzaro sul fiume Metauro, ambedue già in esercizio.

A valle dell'impianto di S. Lazzaro è in corso la costruzione di un terzo impianto (Tavernelle).

La potenza installata è di 18 400 kVA e la energia annua producibile (media) di 35 000 000 kWh.

La diga di sbarramento è costituita da una struttura di calcestruzzo cementizio, del tipo ad arco-gravità a volta cilindrica: con raggio di curvatura 24 m; l'altezza del piano di coronamento sul punto più depresso della fondazione è di 62,22 m.

Lo spessore sulla sezione centrale al coronamento (q 177,50) è di 3,00 m; lo spessore massimo al punto più depresso della fondazione (q 115,28) è di 16,00 m; lo sviluppo al coronamento misura 50,00 m.

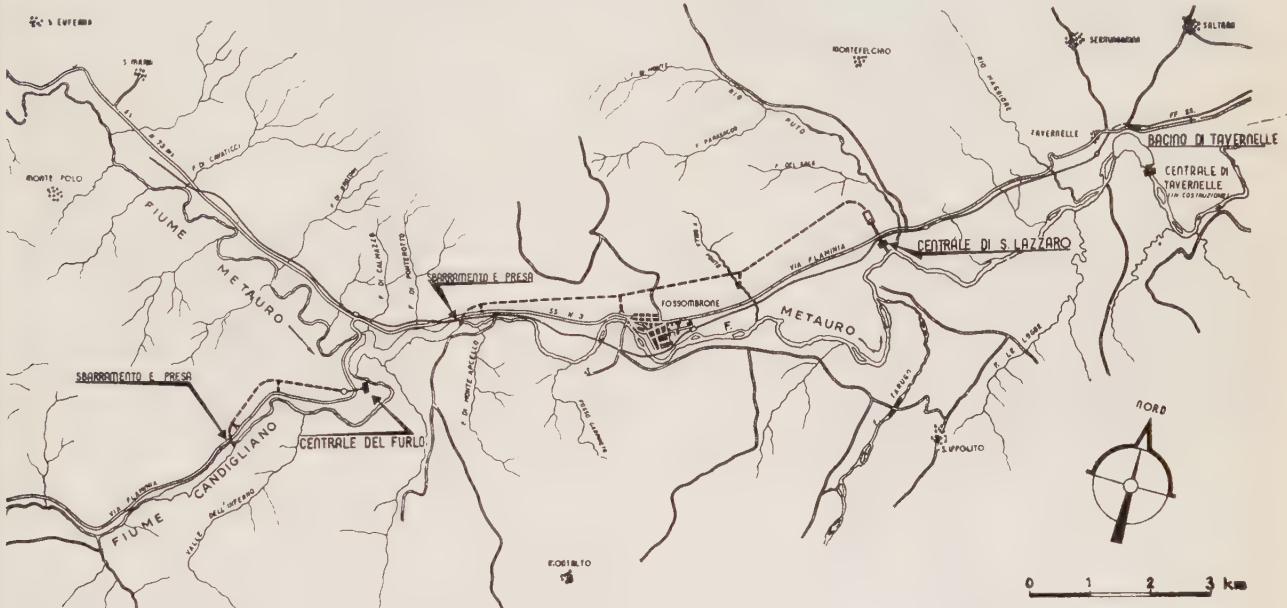


Fig. 1. — Planimetria degli impianti.

IMPIANTO IDROELETTRICO DEL FURLO.

Le caratteristiche principali dell'impianto sono le seguenti:
Superficie del bacino imbrifero sotteso . 415 km²

Portata derivabile:

media	11,00 m ³ /sec.
massima	31,5 m ³ /sec.
Livello di massimo invaso	174,28 m s.m.
Livello di massimo svaso	169,28 m s.m.
Capacità utile	725 000 m ³
Capacità totale	1 800 000 m ³
Quota di restituzione	116,50 m s.m.

Salto geodetico:

massimo	57,78 m
minimo	52,78 m

Le opere di scarico comprendono uno scarico di superficie e uno scarico di fondo.

Lo scarico di superficie è in sponda sinistra, costituito da due luci di 13,50 m di larghezza con soglia a q 169,05 munite di due paratoie piane di 6,00 m di altezza; portata massima di scarico 870 m³/sec.

Lo scarico di fondo, in sponda destra, è costituito da una galleria a sezione circolare di 2 m di diametro.

L'opera di presa è sita in sponda sinistra, ed è costituita da 5 bocche protette da griglia grossa e dotate di altrettante paratoie-saracinesca di 2,20 x 3 m.

La galleria di derivazione in pressione ha una lunghezza di 2 653,00 m con sezione circolare di diametro interno di 3,65 m.

Il rivestimento della galleria è effettuato in calcestruzzo

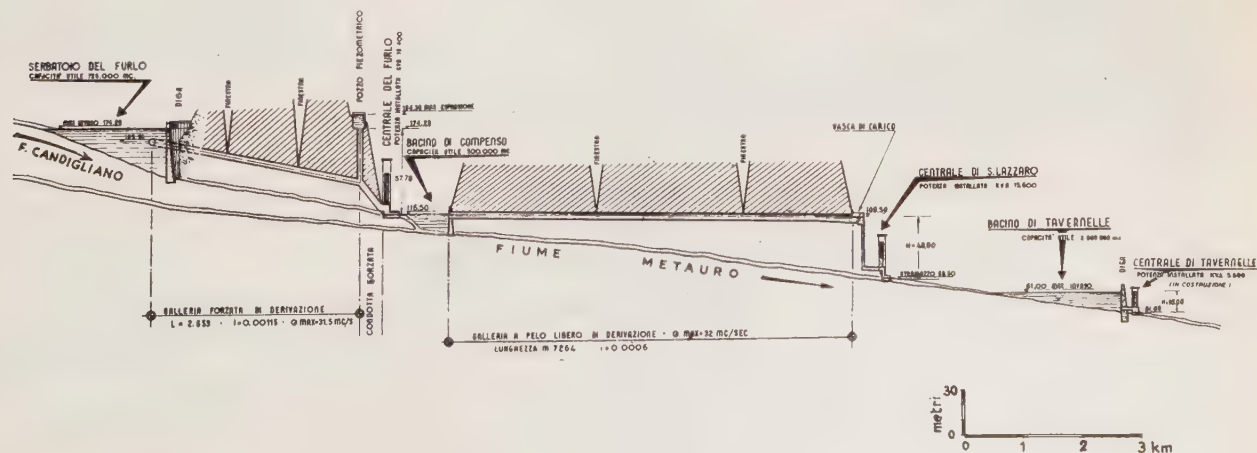


Fig. 2. — Profilo generale degli impianti.

di cemento nei primi 990 m e in calcestruzzo di cemento armato nei successivi 1663 m.

Il pozzo piezometrico è costituito da canna piezometrica del diametro di 6 m e alta 51,32 m con vasca superiore di espansione di sezione circolare del diametro di 19 m.

La condotta forzata è costituita per i primi 144 m da una galleria del diametro di 3,50 m rivestita da un anello di cemento armato e per i successivi 37 m da un diramatore metallico del diametro di 3,20 a 2 m.

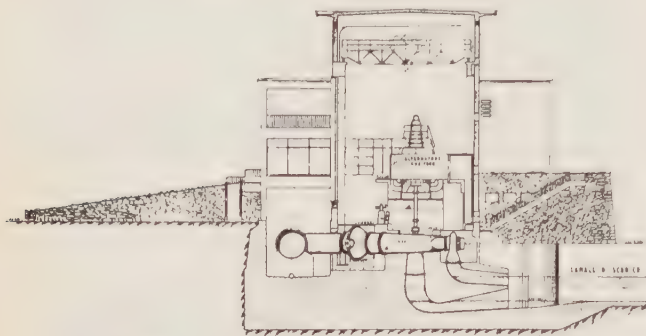


Fig. 3. — Sezione della Centrale del Furlo.

Il fabbricato della centrale è in cemento armato con murature di riempimento in mattoni: consta di una sala macchine unita alla sala rialzo, una sala quadri, locali per le apparecchiature a 6 kV, locali per uffici e per servizi accessori.

Il macchinario generatore è costituito da 4 gruppi ad asse verticale, composti da una turbina Francis, con scarico sincrono e misuratore venturimetrico e da un generatore sincrono trifase del tipo autoventilato, con raffreddamento in ciclo chiuso mediante refrigeranti ad acqua.

I gruppi hanno le seguenti caratteristiche:

Turbina:	Gruppi			
	I	II	III	IV
caduta netta	50	50	50	50 m
portata	2,5	5	12	12 m ³ /sec
potenza	1067	2030	4950	4950 kW
velocità	750	600	428	428 giri/min

Alternatore:

potenza in serv. cont.				
e $\cos \varphi = 0,7$. . .	1650	2750	7000	7000 kVA
frequenza	50	50	50	50 Hz
tensione	6	6	6	6 kV
momento giratorio . .	2500	12000	52000	52000 kgm ²

La stazione 6/60 kV è del tipo all'aperto, prevista per 4 linee a 60 kV. Vi sono installati 4 trasformatori trifasi 6/66-63-60 kV aventi le seguenti potenze: 1×1650 kVA, 1×2750 kVA, 2×7000 kVA.

IMPIANTO IDROELETTRICO DI S. LAZZARO.

Le caratteristiche principali sono le seguenti:

Superficie del bacino imbrifero sotteso.	1 040 km ²
portata derivabile:	
media	18,00 m ³ /sec
massima	32,00 m ³ /sec
livello invaso normale	116,50 m s.m.
pelo d'acqua alla vasca di carico	109,50 m s.m.
capacità utile di invaso	500 000 m ³
quota di restituzione	69,50 m s.m.
salto nominale	40 m
potenza installata	15600 kVA
energia annua producibile (media)	40 000 000 kWh

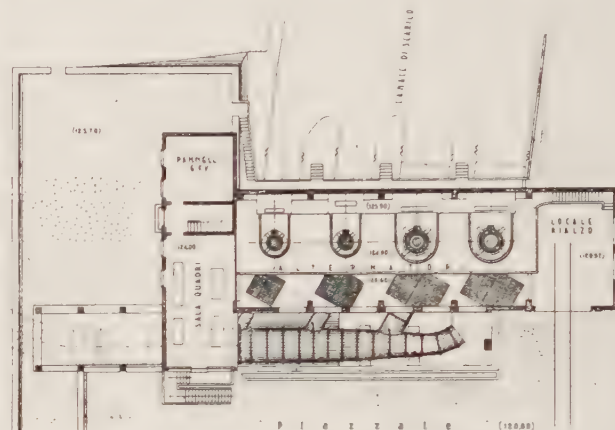


Fig. 4. — Pianta della Centrale del Furlo.

Lo sbarramento è costituito da una traversa in calcestruzzo sormontata da quattro paratoie automatiche a settore di 18 m di luce, con altezza di ritenuta 5,75 e da una paratoia sghiaiatrice di 8,00 m di luce e 6,75 di ritenuta.

L'altezza del piano di coronamento sul punto più depresso della fondazione è di 16 m, e lo sviluppo al coronamento di 101 m.

L'opera di presa è sistemata in sponda sinistra, normale, allo sbarramento costituita da 4 bocche di presa munite di

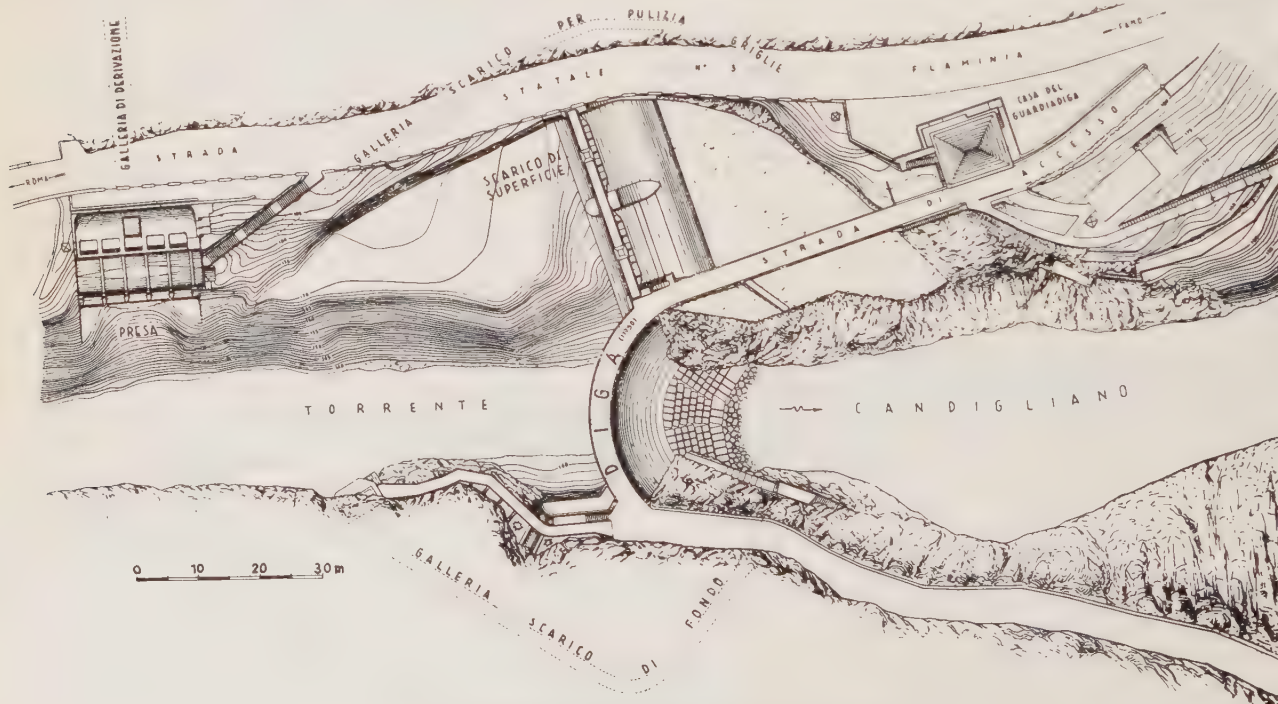


Fig. 5. — Sbarramento e opere di presa sul torrente Candigliano.

griglie, seguita da vasca di calma, paratoia automatica di intercettazione e modulazione, sgiaiatore e dissabbiatore.

La galleria di derivazione, a pelo libero, è lunga 7264 m con pendenza di 0,0006. Ha sezione policentrica, con area bagnata di 15,39 m² e area totale 16,70 m².

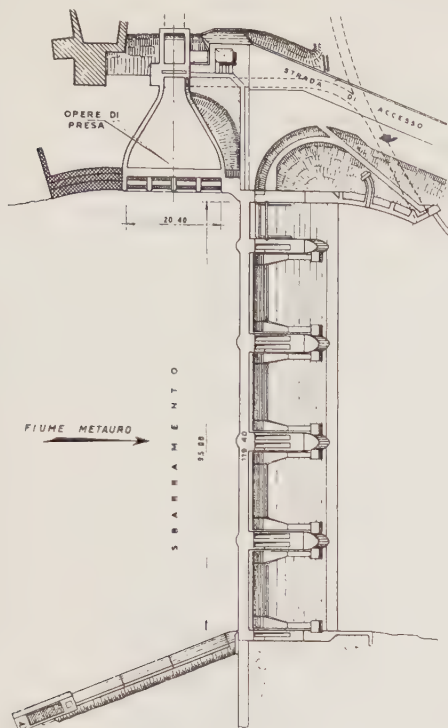


Fig. 6. — Opere di presa sul Metauro.

La galleria è dotata di un rivestimento in calcestruzzo di cemento.

La vasca di carico, sistemata all'aperto, è di forma allungata, munita di 4 sifoni autolivellanti capaci di smaltire complessivamente la portata di 35 m³/sec; essa ha le seguenti dimensioni: lunghezza 80 m; larghezza 19 m; profondità 4,70 m.

La condotta forzata è metallica, posata parte in pozzo e parte in galleria. Essa ha un diametro interno di 3,25 m e una lunghezza di 270 m.

Il fabbricato della centrale è in cemento armato, e comprende la sala macchine, unita alla sala rialzo, sala quadri,

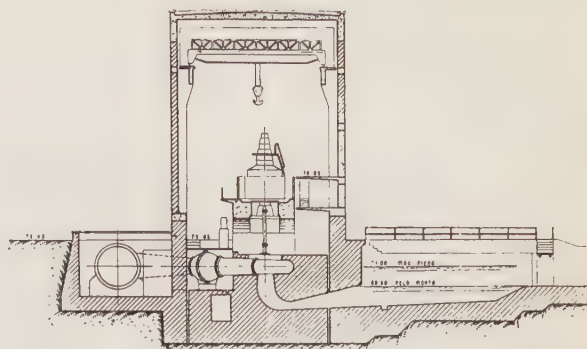


Fig. 7. — Sezione della Centrale S. Lazzaro.

locali per apparecchiature 10 kV, locali per uffici e per i servizi accessori.

Il macchinario generatore è costituito da 3 gruppi ad asse

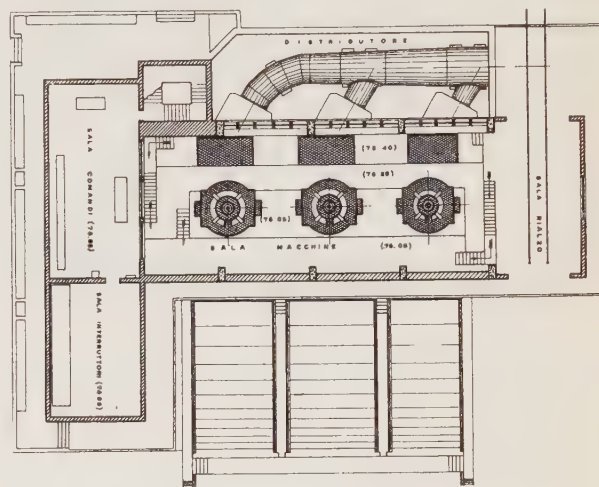


Fig. 8. — Pianta della Centrale di S. Lazzaro.

verticale, composti di una turbina Francis, con scarico sincrono e venturimetro, e di un generatore sincrono trifase,

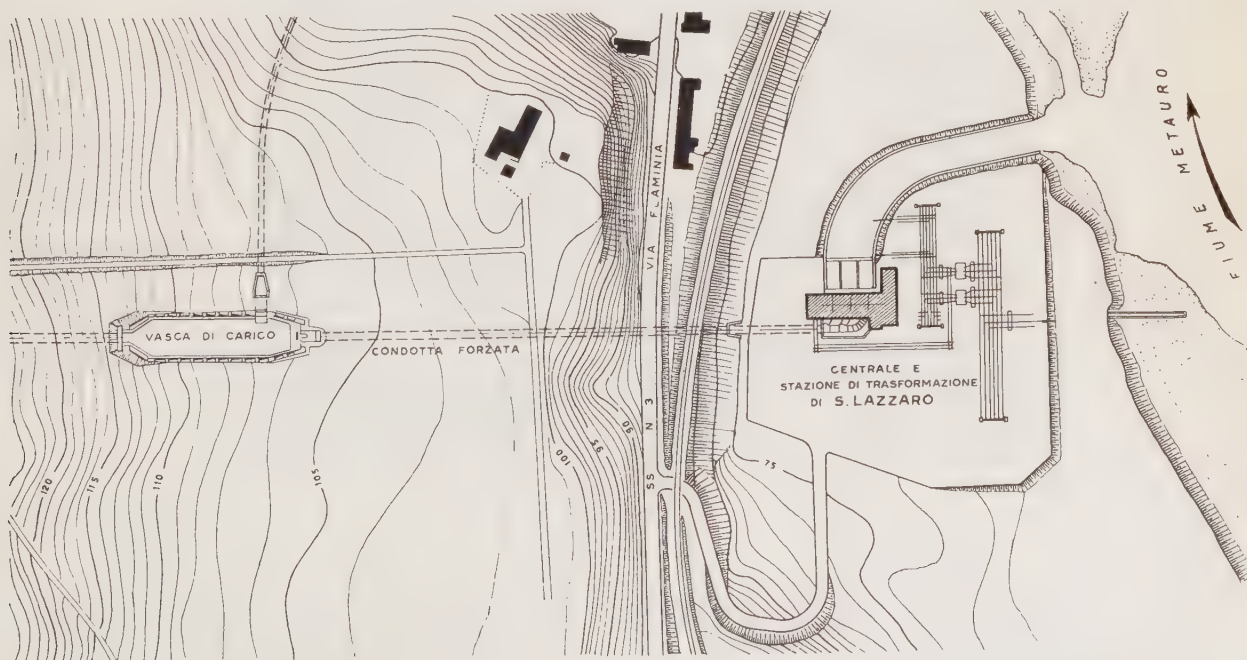


Fig. 9. — Centrale S. Lazzaro - Planimetria della centrale e della vasca di carico.

del tipo autoventilato, con raffreddamento a ciclo chiuso mediante refrigerante ad acqua.
I gruppi hanno le seguenti caratteristiche:

<i>Turbina:</i>	Gruppo I e II	Gruppo III	
caduta netta	39,8	39,8	m
portata	13	8	m ³ /sec
potenza	4500	2725	kW
velocità	428	500	giri/min
<i>Alternatore:</i>			
potenza serv. cont. e cos $\varphi=0,7$	6000	3600	kVA
frequenza	50	50	p/s
tensione	10	10	kV
momento d'inerzia	80 000	36 000	kgm ²

La stazione a 120 kV è del tipo all'aperto, con una linea a 120 kV e due linee a 60 kV. Vi sono installati due trasformatori 10/63 \pm 6/120 kV da 20/20/20 MVA con variatore sotto carico sul lato 60 kV.

IMPIANTO DI TAVERNELLE

L'impianto idroelettrico di Tavernelle comprende una traversa tracimante con ciglio a quota 55 sormontata da 4 paratoie automatiche a settore di 18 \times 6 m più 1 a settore con ventola di 8 \times 6 m che portano l'invaso normale a quota 61. La capacità di ritenuta del bacino è di 2 \times 10⁶ m³.
La centrale, a ridosso dello sbarramento, utilizza il salto di 10 m tra quota 61 e quota 51.
La portata massima derivabile è di 50 m³/sec.
La potenza installata è di 5500 kVA su un gruppo a turbina Kaplan.

* *

Impianto del dirigente centrale operativo del nodo di Bologna

In occasione della LXI Riunione Annuale ad Ancona, i convenuti hanno potuto visitare questo interessante impianto. Da una pubblicazione delle FFSS riportiamo le seguenti notizie.

I. - PREMESSE.

Il nodo ferroviario di Bologna (fig. 1) è costituito da sei linee confluenti nella stazione viaggiatori di Bologna Centrale (le linee di Milano, Verona, Venezia, Pistoia, Firenze D.D. e Ancona), da un'estesa linea di raccordo, detta linea

lacciamenti a tale sistema delle stazioni di Ravone (derrate) e di Arcoveggio (servizio locale e mercato ortofrutticolo).
La rete formata da dette linee comprende numerosi bivi, i cui scambi e segnali sono centralizzati in 11 cabine.
L'insieme del nodo ferroviario è delimitato dalle 4 stazioni citate, ove hanno origine o termine i movimenti di treno nella zona: Bologna Centrale; Bologna Ravone; Bologna S. Donato; Bologna Arcoveggio; e dalle 6 stazioni, dette stazioni porta, ove le linee principali si connettono con la zona in esame: Bologna Panigale; Tavernelle Emilia; Mirandola Ozzano; Lavino; Bologna Corticella; Bologna S. Ruffillo.

La regolazione del traffico su questa complessa rete, ove circolano in media 600 treni al giorno, presenta evidenti difficoltà.

Precisamente, le esigenze da soddisfare per conseguirvi un esercizio razionale sono le seguenti:

- 1) tempestivo annuncio nei bivi dei treni che si stanno avvicinando, con indicazione della località ove sono diretti: ciò al fine di evitare, sia ritardate aperture di segnali, sia prematuri o errati impegni delle zone degli scambi;
- 2) sollecita formazione, e quindi sollecita distruzione, degli itinerari nei singoli bivi, specie nei più complessi;
- 3) opportuna successione in ogni bivio dei movimenti incompatibili;
- 4) rapidità e sicurezza nelle operazioni per il distanziamento dei treni.

Il problema fu posto già prima della guerra, mentre erano in corso le sistemazioni dell'armamento inerenti alla nuova stazione di Bologna S. Donato. E venne allora risolto prevedendo l'impianto nei bivi di apparati centrali elettrici a leve singole tipo F.S., l'istituzione del blocco manuale fra le varie cabine, infine, la costruzione di un impianto di telecomando, avente lo scopo di concedere alle cabine dipendenti (manovrate localmente) consensi che dovevano agire sui segnali, i quali consensi sarebbero stati impartiti da un Dirigente Centrale sulla base di opportune indicazioni ricevute per telecontrollo.

I lavori per realizzare questa sistemazione furono però interrotti nel 1943, poco dopo il loro inizio.

La questione fu ripresa nel 1950, quando, essendo di già molto avanzata la costruzione dei nuovi apparati centrali di Bologna Centrale e di Bologna S. Donato, nonché la costruzione degli apparati centrali e del blocco automatico sulla linea Bologna-Prato, si trattava ormai di completare l'assetto generale del nodo ferroviario in argomento.

Tenuto conto però del grande sviluppo assunto nel frattempo dagli impianti di telecomando (C.T.C.), specialmente in America, e dalla nostra recente esperienza nel campo degli apparati centrali costituiti da soli relè, si ritenne di do-

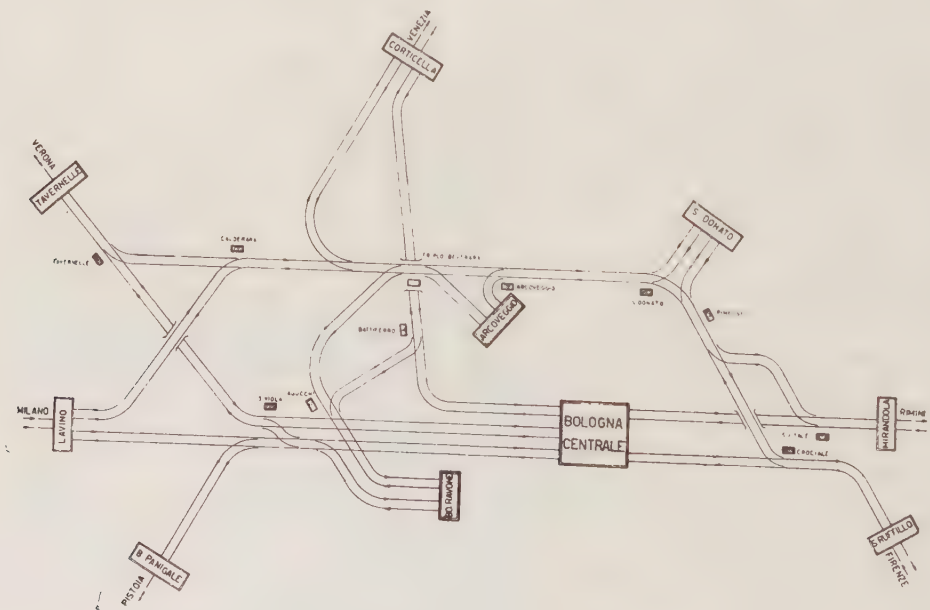


Fig. 1. — Schema del nodo ferroviario di Bologna.

di Cintura, la quale collega cinque di queste linee con la stazione di Smistamento di Bologna S. Donato, e dagli al-

ver mutare radicalmente la soluzione già considerata, e di prevedere invece un'installazione più moderna ed efficiente

che si prestasse ad essere comandata da un unico posto centrale, senza esigere la presenza di agenti nelle 11 cabine dei bivi.

II. - DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO.

L'impianto del Dirigente Centrale Operativo (D.C.O.), realizzato dalle Ferrovie dello Stato per regolare la circola-

1) Posto centrale.

Il posto centrale, ove ha sede il Dirigente Centrale, è ubicato nel fabbricato viaggiatori di Bologna Centrale.

Nella sala di comando di questo posto (fig. 2) sono contenuti il banco di comando e il quadro luminoso.

Il banco, avente forma di scrivania, comprende nella sua parte di centro il pannello per il « comando automatico »,

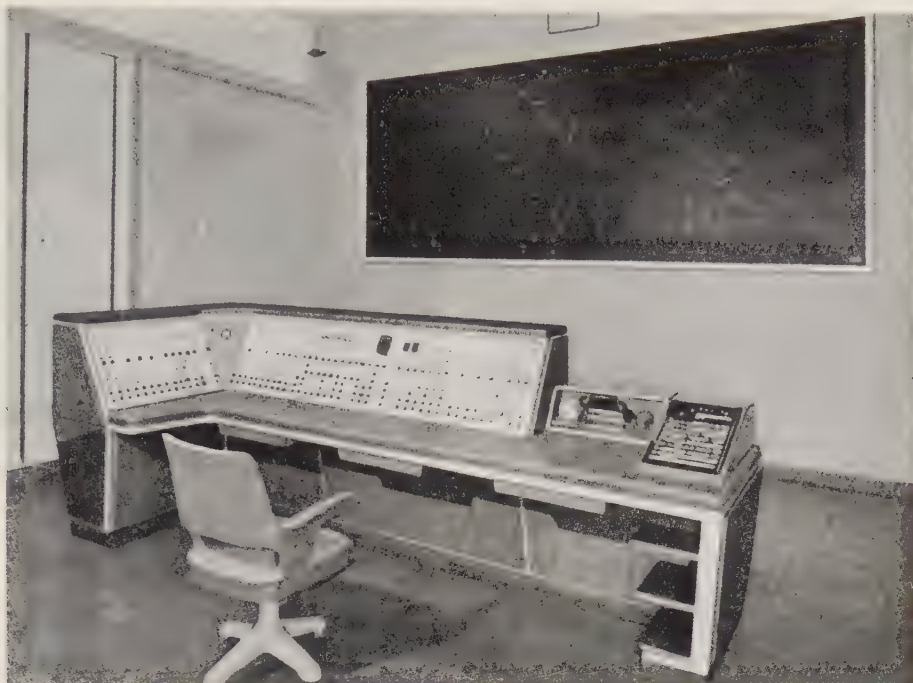


Fig. 2. — Posto Centrale. Sala di comando.

zione sul nodo di Bologna, risulta costituito dalle seguenti parti principali:

- un posto centrale;
- 21 posti periferici (11 cabine dei bivi, 4 posti di stazione terminale, 6 posti di stazione porta);

ossia il pannello su cui si allineano i pulsanti da azionarsi per avviare il funzionamento automatico dell'impianto. Sui lati di detto pannello sono disposti i pannelli per il « comando individuale » dei bivi, ossia pannelli che raccolgono le levette e i pulsanti mediante i quali risulta possibile mo-

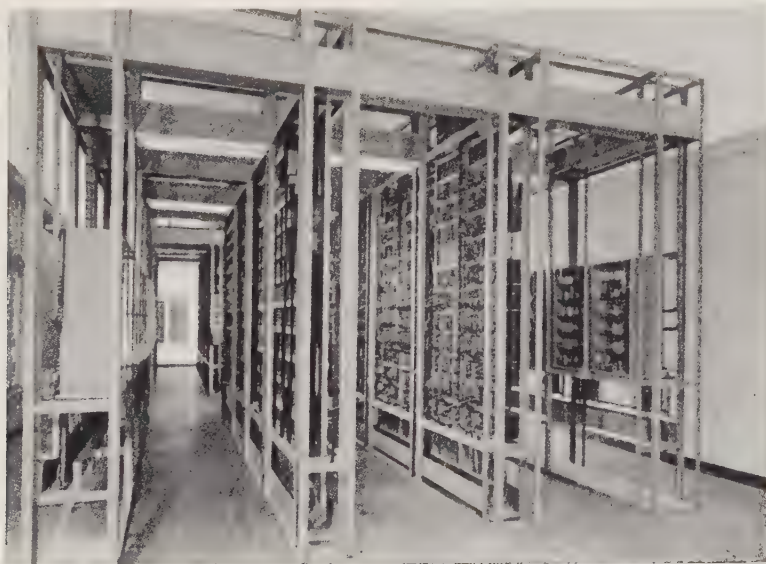


Fig. 3. — Posto Centrale. Sala relè. Vista d'insieme.

— un sistema di telecomando e di telecontrollo (più avanti indicato con la sigla CTC) avente lo scopo di collegare il posto centrale con i posti periferici;

— il blocco automatico esteso a tutte le linee del nodo ferroviario.

dificare, secondo le esigenze della circolazione, il procedere degli automatismi ed eseguire determinate operazioni riguardanti individualmente ciascun bivio.

Il quadro luminoso è normalmente spento. Esso fornisce il controllo degli apparecchi di campagna, l'indicazione de-

gli itinerari stabiliti, e segnala, per mezzo di apposite lettere luminose, l'origine e la destinazione dei treni che impegnano le varie sezioni di blocco (ad esempio, un treno proveniente da Lavino e diretto a S. Donato, viene contraddistinto dalle lettere LD, iniziali rispettivamente dei nomi delle due stazioni).

La sala relè del posto centrale (fig. 3) si trova in un locale al disotto della sala di comando.

2) Posti di bivio.

Le cabine dei bivi sono dotate di apparati centrali costituiti da soli relè.

In condizioni normali questi apparati sono telecomandati dal posto centrale. In caso di necessità, possono essere manovrati localmente, mediante un piccolo banco a pulsanti di itinerario, completato da un piccolo quadro luminoso, i quali esistono in ogni cabina (fig. 4).

Per istituire il servizio locale occorre che il Dirigente Centrale conceda per telecomando un apposito consenso elettrico (abilitazione). Tuttavia, in caso di interruzione del CTC, questo servizio si può stabilire dopo aver agito su di un tasto normalmente piombato.

Se, durante il funzionamento per telecomando, una qualche anomalia dovesse impedire la manovra centralizzata di un deviatore, questo potrà essere manovrato a mano dal personale del treno arrestatosi al segnale. Allo scopo i deviatori sono provvisti di una leva normalmente assicurata in posizione orizzontale mediante una serratura (fig. 5), la cui chiave è imprigionata in una serratura elettromeccanica contenuta in una garitta presso gli scambi del bivio. Per estrarla, e quindi per manovrare a mano il deviatore, occorre un consenso elettrico trasmesso per telecomando.

3) Sistema di telecomando e telecontrollo.

Il sistema adottato è quello di tipo F, classe M, della General Railway Signal Company, U.S.A.

L'impianto è provvisto di due centrali del tutto indipendenti, ciascuna relativa a un gruppo di posti periferici.

Le linee di comando e di controllo, fra loro distinte, sono convogliate nei cavi telefonici.

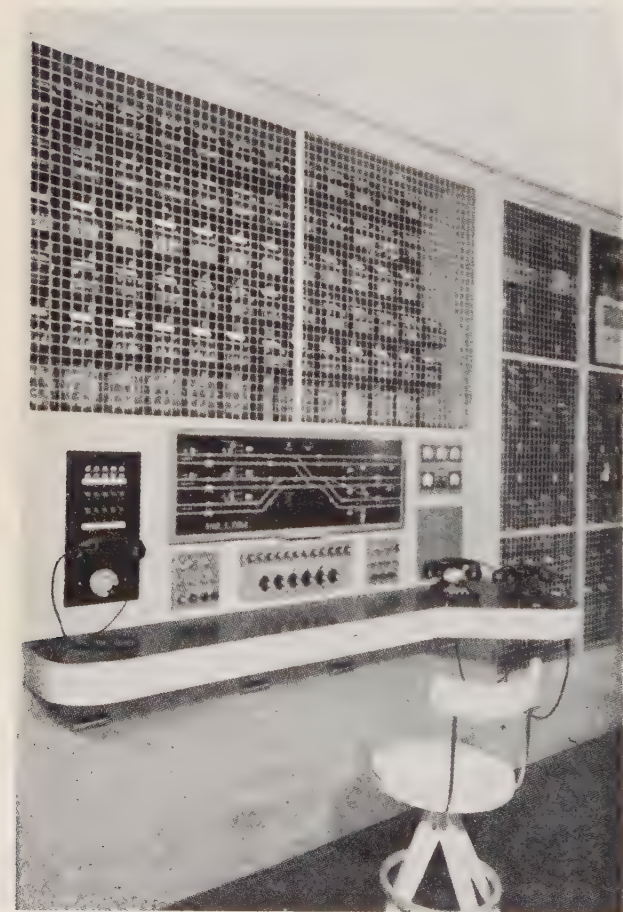


Fig. 4. — Bivio S. Viola. Pannello di comando e quadro luminoso.

Il sistema consente la trasmissione contemporanea per ogni centrale di un ciclo di comando e di uno di controllo. Durante un ciclo di controllo si possono ricevere simultaneamente i controlli da due posti situati sui due rami distinti in cui è suddivisa una linea di controllo.

Una trasmissione di comando consiste di 10 impulsi polarizzati, di cui 6 servono per il codice che caratterizza il posto chiamato e 4 per i comandi.

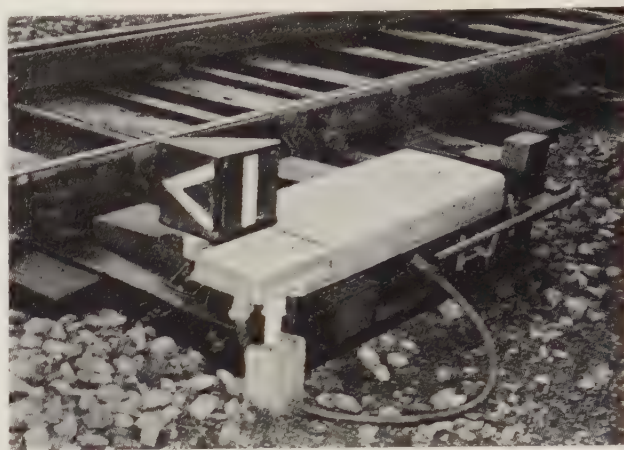


Fig. 5. — Posto di bivio. Cassa di manovra elettrica di deviatore con indicatore speciale e con leva per manovra a mano.

Una trasmissione di controllo consiste invece di 20 indicazioni, ottenute verificando se ad ogni impulsione sulla linea di comando e ad ogni intervallo fra queste impulsi (se una trasmissione non è contemporanea a un comando, sulla linea di comando viene inviato un codice costituito da tutte impulsi negative, il cosiddetto codice fantasma), la linea di controllo risulta interrotta o stabilita in corrispondenza del posto di campagna che invia il controllo. Di dette 20 indicazioni, 5 servono per il codice caratterizzante il posto che trasmette e 15 per i controlli.

1) Blocco automatico.

Il blocco automatico esteso a tutte le linee del nodo ha uno sviluppo di circa 80 km.

Esso è del tipo a correnti codificate, analogo a quello in funzione sulla DD Bologna-Firenze.

I codici impiegati sono 3 (75, 120 e 180 impulsi al minuto) sulle linee dirette a Bologna Centrale, e uno soltanto (75 impulsi) sulle linee della Cintura, ove i segnali di avviso sono tutti manovrati mediante appositi conduttori, e ove non è prevista la ripetizione in macchina dei segnali.

III. - FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO.

Poiché tutte le operazioni relative alla sicurezza sono realizzate automaticamente dagli apparati centrali dei singoli bivi e dal blocco automatico, il posto centrale ha il solo compito di determinare e quindi di trasmettere ai posti periferici i comandi necessari.

Mentre le cabine dei bivi sono disabilitate, cioè non presenti, il posto centrale può esplicare le sue funzioni di comando principalmente secondo due modalità, di cui l'una corrisponde a un intervento massimo degli automatismi realizzati dall'impianto (comando automatico), e l'altra, invece, a un intervento più o meno spinto, conformemente alle necessità della circolazione, da parte del Dirigente mediante operazioni che riguardano i segnali e gli itinerari dei singoli bivi (regolazione a comando individuale).

1) Comando automatico.

Sul pannello per il comando automatico del banco sono allineati 63 pulsanti che corrispondono agli itinerari totali della zona telecomandata, ossia a tutti i percorsi possibili fra le stazioni porta e le stazioni di Bologna, e viceversa.

Quando la stazione d'origine di un movimento deve inviare un treno in detta zona, essa ne dà l'annuncio per telecomando al Dirigente Centrale. Quest'annuncio si manifesta, sia sul quadro luminoso, ove appaiono in prossimità dello schema della stazione le due lettere caratterizzanti l'ori-

gine e la destinazione del treno, sia mediante l'accensione di una luce bianca lampeggiante sulla testa del pulsante relativo all'itinerario totale desiderato. Il Dirigente, qualora stimi possibile accettare il treno, preme questo pulsante, concedendo così, per telecomando, un consenso imperativo alla stazione richiedente, e avviando, d'altra parte, il funzionamento automatico delle apparecchiature del posto centrale per l'inoltro del treno a destinazione. Per i treni viaggiatori diretti a Bologna Centrale o provenienti da questa stazione, il Dirigente può anche, se lo crede, evitare quest'unica operazione a cui è tenuto comunque per i treni merci, premendo una volta per tutte i pulsanti relativi e mantenendoli quindi premuti mediante un adatto dispositivo.

Dato che gli itinerari totali hanno delle lunghezze considerevoli fino a 14÷15 km per i treni merci e fino a 9÷11 km per i treni viaggiatori, è dato che ognuno interessa più itinerari parziali (talvolta anche 5 o 6), ciascuno corrispondente al percorso nella zona degli scambi dei singoli bivi, sarebbe evidentemente oneroso per la circolazione, e contrario alle esigenze esposte nelle premesse, determinare l'immediata attuazione dell'itinerario totale tra la stazione di origine del movimento e quella terminale. Il posto centrale è stato perciò costruito in modo che il comando dell'itinerario totale si registra subito, con le operazioni ora descritte, ma si attua gradualmente col procedere del treno.

Precisamente, nel caso più comune, le cose si svolgono secondo lo schema qui appresso accennato.

Quando la stazione di origine, dopo aver ricevuto il consenso elettrico del Dirigente, mette a via libera il proprio segnale di partenza, l'annuncio del treno passa (nelle apparecchiature del posto centrale) al primo bivio a valle, e determina quindi la trasmissione all'apparato di questo bivio del comando per l'itinerario che rappresenta la prima frazione dell'itinerario totale di già registrato. Gli scambi del bivio stesso si manovrano così nel modo voluto, e il corrispondente segnale si dispone a via libera.

Successivamente, allorché il treno in partenza impegna la prima sezione di blocco, l'annuncio passa al secondo bivio a valle, e determina come sopra la trasmissione del comando d'itinerario, e quindi la manovra degli scambi e del segnale, per il bivio medesimo.

L'annuncio continua poi ad avanzare alla distanza normale di due sezioni di blocco a valle del treno (quando il treno impegna il primo bivio, si apre il segnale del terzo bivio ecc.); ma, naturalmente, se due treni si seguono a distanza di blocco, l'annuncio avanza soltanto di sezione in sezione.

Con l'avanzare del treno avanza pure sul quadro luminoso la coppia di lettere che caratterizza il treno stesso, sicché il Dirigente risulta sempre informato sull'origine e la destinazione dei treni che impegnano le varie sezioni di blocco della rete.

L'annuncio perviene infine alla stazione presenziata che deve ricevere il treno.

In definitiva, durante il regime di comando automatico, è il treno stesso che sceglie il proprio itinerario fra gli scambi dei bivi e apre i segnali a cui si avvicina, fino a condursi automaticamente a destinazione.

2) Regolazione e comando individuale.

Come si è accennato, il Dirigente, può sospendere quando vuole l'indicata progressione automatica dei comandi, agendo su un'apposita levetta del pannello per il comando individuale del bivio in corrispondenza del quale egli intende di arrestare il funzionamento automatico.

In questo modo egli può effettuare, prontamente e sulla base di informazioni tempestive desunte dal quadro luminoso, la precedenza di un treno rispetto a un altro in una località ove i due movimenti risultino incompatibili, venendo così a esplicare la propria funzione di agente regolatore della circolazione, cioè di Dirigente Centrale Operativo.

Il funzionamento automatico sospeso non viene però distrutto, ma può essere nuovamente ripreso rimettendo la citata levetta nella sua posizione iniziale.

In caso di necessità, il Dirigente, mediante gli organi dei pannelli per il comando individuale, può condurre i treni di bivio in bivio, mantenendo la registrazione dell'itinerario totale e le indicazioni delle coppie di lettere sul quadro luminoso (comando manuale registrato), e anche eseguire qualsiasi movimento indipendentemente da una preliminare registrazione dell'itinerario totale (comando manuale di emergenza).

3) Conclusioni.

Allorché la circolazione viene regolata mediante il comando manuale di emergenza e il comando manuale registrato di cui si è ora fatto cenno, l'impianto funziona in modo analogo a un normale impianto di CTC, rispettivamente senza e con indicazione sul quadro luminoso della individualità dei treni.

In regime di comando automatico, l'impianto manifesta invece le caratteristiche che lo pongono all'avanguardia nel campo specifico, caratteristiche le quali, come si è detto, derivano dal proposito di rispondere razionalmente alle esigenze di un notevole traffico su di una rete complessa, e insieme dall'intento di conseguire un esercizio economicamente migliore.

* *

Esperimenti di telecomunicazioni in corso con il satellite "Echo I",

Un radioamatore nelle Filippine ha stabilito un contatto radio con un operatore in Giappone, servendosi di segnali riflessi dal satellite artificiale statunitense « Echo I ».

Il dr. Romeo F. Castaneda, medico di professione e segretario dell'Associazione dei Radioamatori Filippini, servendosi dell'elenco dei passaggi del pallone-satellite pubblicato dal « Manila Times » per localizzare l'« Echo I », ha diretto sul satellite artificiale un radiomessaggio ad onde corte in alfabeto Morse, che è stato ricevuto chiaramente da un radioamatore in Giappone. Lo scambio dei messaggi ha richiesto poco più di tre minuti.

Il 12 agosto, subito dopo l'ingresso in orbita, il pallone-satellite americano è stato utilizzato per la trasmissione da Goldstone (California) ad Holmdel (New Jersey) di un messaggio del Presidente Eisenhower.

Anche il Senatore Lyndon B. Johnson, candidato democratico alla vice-presidenza nelle prossime elezioni, ha dettato un messaggio che è stato diffuso da un versante all'altro degli Stati Uniti mediante segnali riflessi sulla superficie alluminizzata del satellite.

Il satellite è inoltre adoperato largamente dalle stazioni radio statunitensi per esperimenti sulla trasmissione a grande distanza di conversazioni telefoniche e di musica.

L'« Echo I » è stato lanciato da Cape Canaveral il 12 agosto con un vettore a tre stadi. L'orbita iniziale descritta dal satellite distava 1687 km, in corrispondenza dell'apogeo (o punto più lontano dalla Terra), e 1520 km in corrispondenza del perigeo (o punto più vicino). Il tempo impiegato dall'« Echo I » per un giro completo della Terra è di 118,3 minuti.

Per quanto il satellite sia il più voluminoso tra quelli finora lanciati dall'uomo nello spazio (esso raggiunge infatti un diametro di oltre 30 m), il suo peso è di soli 59 kg. Esso è costituito da un involucro di plastica mylar estremamente sottile, verniciato con alluminio per aumentarne la capacità riflettente delle radioonde e la visibilità.

All'atto del lancio, l'involucro era stato accuratamente chiuso in un piccolo contenitore, aperto al momento dell'ingresso in orbita mediante una carica esplosiva. La vaporizzazione rapida di un composto chimico contenuto nell'involucro ha gonfiato in qualche minuto il satellite.

Il centro principale di controllo è situato presso il Laboratorio per il Volo Spaziale « Goddard » dell'Ente Nazionale Aeronautico e Spaziale (NASA) alla periferia di Washington. Al laboratorio spetta il compito di raccogliere tutte le informazioni relative all'« Echo I » e di comunicarle alle altre stazioni, insieme alle previsioni sui passaggi del satellite nelle rispettive zone.

Le due stazioni principali impegnate nell'esperimento sono state impiantate dalla Bell Telephone ad Holmdel (New Jersey) e dal Laboratorio per la propulsione a getto del NASA a Goldstone (California). Le due stazioni distano 4800 km l'una dall'altra.

L'impianto di Holmdel trasmette su una frequenza di 960 Mp/s e quello di Goldstone di 2390 Mp/s. Dato il carattere dell'esperimento, l'« Echo I » non dispone di una radio per segnalare la sua posizione e quindi viene costantemente osservato in tutto il mondo con strumenti ottici dalle 12 stazioni di rilevamento attrezzate con speciali macchine fotografiche.

* *

Riassunti dei contributi originali che compaiono sul n. 3-4-XXIX (giugno-agosto 1960) di "Alta Frequenza",

G. RUFFINO: *Metodi elettronici per la misura interferometrica delle lunghezze*. (« Alta Frequenza », giugno-agosto 1960, XXIX, 3-4, pag. 278-300, con 11 fig.).

Richiamati i principi ed i metodi generali dell'interferometria, si descrive il trasduttore fotoelettronico, che trasforma in un segnale elettrico l'illuminamento di una figura d'interferenza. Segue l'esposizione del procedimento di misura di uno spostamento con metodo interferometrico fotoelettronico e di addizione di cammini luminosi.

Si classificano gli apparecchi interferometrici fotoelettronici: secondo l'operazione, in numeratori (unidirezionali, bidirezionali) e interpolatori; secondo il segnale del trasduttore, in dispositivi con segnale modulato o non modulato; secondo la forma di comando, in contatori con comando a impulso oppure a livello.

Si mettono in risalto i vantaggi del metodo fotoelettronico, consistenti nella rapidità di misura, nell'eliminazione di certi errori e nell'agevolazione della somma di cammini ottici. Esso tuttavia non esclude severe esigenze di ordine ottico e meccanico nelle apparecchiature interferometriche.

G. TAMBURELLI: *Eliminazione delle pendolazioni nei regolatori automatici di livello dei sistemi per frequenze vettrici*. (« Alta Frequenza », giugno-agosto 1960, XXIX, 3-4, pag. 301-322, con 14 fig.).

Vengono studiate le condizioni da attuare per eliminare le pendolazioni nei regolatori automatici di livello dei sistemi a frequenze vettrici. I risultati ottenuti sono ovviamente estensibili ai regolatori automatici di livello dei radioappareati e, con le dovute limitazioni, ai regolatori automatici in genere. Si discutono inoltre e stabiliscono le caratteristiche ideali, che dovrebbe presentare il regolatore automatico di livello di un sistema per frequenze vettrici.

G. PAZIENZA: *Prospettive e limitazioni per l'uso delle basse frequenze negli ecogoniometri*. (« Alta Frequenza », giugno-agosto 1960, XXIX, 3-4, pag. 323-336, con 5 fig.).

Vengono esaminate le leggi di dipendenza dalla frequenza dei diversi parametri che determinano la portata ottenibile da un ecogoniometro « a fascio ». Tali leggi s'introducono nell'equazione dell'apparecchio, dedotta in altro studio dell'autore, e si calcolano i valori delle portate per frequenze di funzionamento variabili tra 2 e 30 kHz. I risultati ottenuti pongono in rilievo l'importanza dell'intensità spettrale del rumore presente in ricezione, ai fini di una più vantaggiosa utilizzazione delle basse frequenze negli ecogoniometri.

R. MONELLI - E. OCCHINI: *Tolleranze costruttive dei cavi sottomarini con ripetitori sommersi*. (« Alta Frequenza », giugno-agosto 1960, XXIX, 3-4, pag. 337-376, con 14 fig.).

Si espone una teoria, stabilita su considerazioni statistiche, per il calcolo delle tolleranze costruttive da imporre ad una popolazione di pezzature di cavo coassiale, destinate a costituire le sezioni d'amplificazione di un collegamento telefonico sottomarino multicanale con ripetitori sommersi. Si mostra quindi l'applicazione della teoria al caso particolare del cavo destinato al collegamento di 60 canali fra il Continente e la Sardegna, del quale vengono illustrati i risultati conseguiti per ciò che riguarda la regolarità della curva di attenuazione in funzione della frequenza.

L. LUNELLI: *Estensione di un teorema per i bipoli elettrici normali passivi in regime stazionario*. (« Alta Frequenza », giugno-agosto 1960, XXIX, 3-4, pag. 377-388, con 5 fig.).

Si estende un teorema dimostrato da R. M. Cohn (1950), in modo da considerare il caso di un bipolo normale passivo contenente (internamente) una rete passiva con n gradi di libertà, che soddisfa alla reciprocità. Si accenna inoltre ad alcune identità che valgono tra le derivate prime e seconde della funzione resistenza di un bipolo di resistori normali.

D. BRINI - G. L. TABELLINI: *Scala binaria con transistori con tempo di risoluzione minore di un microsecondo*. (« Alta Frequenza », giugno-agosto 1960, XXIX, 3-4, pag. 393-400, con 7 fig.).

Si descrive una scala di demoltiplicazione binaria, costruita con transistori di normale produzione, secondo i criteri

della massima semplicità. La migliore risoluzione ottenuta è di $0,2 \mu s$; in questo caso il sistema è abbastanza critico per ciò che riguarda i componenti. La risoluzione di circa $0,7 \mu s$ è quella che si accoppia con un'assoluta stabilità di funzionamento e la massima indipendenza dai componenti.

G. SACERDOTI: *Calcolo del circuito equivalente di una cavità risonante eccitata da una spira*. (« Alta Frequenza », giugno-agosto 1960, XXIX, 3-4, pag. 401-410, con 2 fig.).

Si espone un procedimento valido in molti casi pratici per il calcolo delle costanti di un circuito equivalente di una cavità risonante del tipo usato in un elettrosincrotrone per accelerare le particelle. Per una banda di frequenza abbastanza larga, il circuito equivalente con costanti concentrate è particolarmente semplice e queste risultano di facile calcolazione.

* *

Un Colloquio internazionale su la cooperazione in materia di documentazione e di informazione scientifica e tecnica si svolgerà a Milano dal 30 novembre al 3 dicembre, sotto il patronato del CNR e della Federazione delle Società Scientifiche e Tecniche. Ad esso parteciperanno i Paesi del Mercato Comune rappresentati da un piccolo numero di specialisti; si terrà anche una seduta pubblica.

Il Segretariato del Colloquio ha sede presso il Centre Français d'échanges et de documentation techniques (Milano - Corso Magenta, 32).

* *

Indetto dal Comitato per le Telecomunicazioni Militari sotto l'egida del Consiglio Nazionale delle Ricerche sarà tenuto durante l'anno accademico 1960-1961, un **Corso biennale di specializzazione elettronica** consistente nei seguenti due corsi annuali:

- 1) *Corso di Elettronica Generale.*
- 2) *Corso di Applicazioni Elettroniche.*

CORSO DI ELETTRONICA GENERALE

Il corso, che avrà inizio il 1° dicembre 1960 e terminerà nel novembre 1961, sarà diviso in due periodi.

Le materie che formano oggetto dei corsi di insegnamento sono le seguenti:

Materie fondamentali.

Teoria delle comunicazioni elettriche - Teorie delle microonde - Teoria delle reti per le telecomunicazioni - Radiotecnica - Tubi elettronici - Onde elettromagnetiche e loro propagazione - Misure radioelettriche - Teoria dei ponti radio.

Materie complementari.

Teoria dei semiconduttori e transistor - Elettroacustica.

Saranno oggetto di esami tutte le materie fondamentali ed una delle due materie complementari a scelta degli allievi.

Sono ammessi direttamente al Corso gli Ufficiali in S.P.E. e i Funzionari designati dalle FF.AA. Possono far domanda di ammissione al corso: a) i laureati in ingegneria; b) i laureati in fisica o fisica-matematica. Possono inoltre far domanda di ammissione, come uditori, i laureandi nella Facoltà di ingegneria che abbiano superato gli esami di tutte le materie fondamentali del Corso Universitario, nell'intesa che non saranno ammessi agli esami se non avranno conseguito la laurea nella sessione di febbraio.

Sono istituite a favore dei candidati di cui alla lettera a) e b) **n. 8 borse di studio** ciascuna di importo complessivo massimo di L. 550 000 da corrispondersi in rate mensili posticipate e in due premi di esami di L. 50 000.

CORSO DI APPLICAZIONI ELETTRONICHE

Il corso, avrà inizio il 1° dicembre 1960 e terminerà nel dicembre 1961.

Agli effetti delle materie di insegnamento, il Corso sarà diviso in due sezioni e precisamente:

A) *Tecnica elettronica delle telecomunicazioni*; B) *Tecnica elettronica dei radar e sistemi di teleguida*.

Le due sezioni avranno in comune le seguenti materie:

Servomeccanismi - Tecnica dei radiorecettori - Tecnica delle misure e collaudi elettronici - Tecnica delle microonde - Sistemi elettronici di guida e aiuto alla navigazione.

La sezione A) comprenderà inoltre i seguenti insegnamenti:

Tecnica dei radiotrasmettitori - Fondamenti di televisione - Tecnica dei ponti radio - Tecnica degli impianti radio.

Le materie della sezione B) saranno le seguenti:

Tecnica degli apparati radar - Calcolatrici elettroniche e loro applicazioni - Tecnica degli impianti radar - Tecnica dei missili guidati.

Gli allievi potranno scegliere, all'inizio dei Corsi, l'una o l'altra sezione e tutte le relative materie saranno oggetto di esame.

Sono ammessi al Corso: a) tutti coloro che abbiano frequentato il 1° anno del corso di specializzazione elettronica (Corso di Elettronica Generale) ed abbiano favorevolmente sostenuti i relativi esami; b) i laureati in Ingegneria e Fisica che pur non avendo frequentato il 1° anno dimostrino di aver frequentato corsi analoghi a carattere postuniversitario ed i designati dalle FF.AA.

Sono istituite a favore dei candidati di cui alle lettere a) e b) 3 borse di studio ciascuna per un importo complessivo non superiore a L. 650 000 e due premi di esame di L. 50 000.

Le domande di iscrizione ai corsi devono essere dirette al Presidente del C.N.R. - Piazzale delle Scienze, 7 - Roma - presentate non oltre il 20 novembre 1960, e corredate dai documenti di rito.

* *

Presso l'Azienda Tramvie e Autobus del Comune di Roma è bandito un concorso pubblico per titoli ed esami a 26 posti di Capo Tecnico di II classe (Categoria D3 - classe 5ª) in prova, e cioè:

- n. 19 posti nel ramo elettrotecnico;
- n. 7 posti nel ramo meccanico.

Il titolo di studio minimo richiesto è la licenza di Scuola Tecnica Industriale per il ramo elettrotecnico o meccanico. Sono ammessi titoli di studio superiori soltanto nelle specializzazioni indicate (es.: Perito Industriale Meccanico, Eletttricista o similari).

Per l'ammissione al concorso è richiesto, oltre al titolo di studio sopra specificato, fra l'altro che l'età sia compresa fra 25 e 35 anni.

La domanda di ammissione al concorso, rivolta al Direttore dell'A.T.A.C. deve pervenire in plico raccomandato con ricevuta di ritorno alla Direzione dell'A.T.A.C. - Ufficio Concorsi - Via Volturmo n. 59 - Roma, entro 45 giorni dalla data di pubblicazione del bando (23 settembre 1960).

* *

L'Azienda Tramvie e Autobus del Comune di Roma, ha bandito un concorso pubblico per titoli ed esami a 15 posti di Ingegnere "Capo Ufficio Principale" in prova (Categoria E1 - classe 3ª).

Per l'ammissione al concorso sono richiesti fra gli altri requisiti la laurea in Ingegneria civile o industriale e il diploma comprovante l'esito favorevole dell'esame di Stato per l'abilitazione alla professione.

I concorrenti debbono avere, alla data del presente bando, compiuto l'età di 25 anni e non superato quella di 35.

La domanda di ammissione al concorso, redatta su carta da bollo da L. 100, rivolta al Direttore dell'A.T.A.C., deve pervenire in plico raccomandato con ricevuta di ritorno alla Direzione dell'A.T.A.C. - Ufficio Concorsi - Via Volturmo, 65 - Roma, entro 60 giorni dalla data di pubblicazione del presente bando (29 settembre 1960).

LIBRI E PUBBLICAZIONI

D. BLANC: *Détecteurs de particules*. (Masson et Cie. Parigi, 1959. Un volume di 27×25 cm, di 323 pagine, con 126 figure. Prezzo 3 900 franchi).

I rapidissimi progressi della fisica atomica e nucleare hanno dato luogo ad un grande sviluppo delle apparecchiature per la rivelazione delle particelle; il numero e la varietà di tali apparecchiature è assai vasto e ha formato oggetto di una ricchissima bibliografia. Nello scrivere questo libro l'A. si è volutamente ristretto al campo degli apparecchi contatori e scintillatori tralasciando altre vaste e importanti categorie di rivelatori. Per la parte trattata però il libro si può ritenere completo e esauriente, raccogliendo in un tutto organico una quantità di notizie sparse in svariatissime fonti e in parte anche poco e incompletamente note.

Nei primi capitoli sono tracciati le linee generali del funzionamento dei rivelatori basati sui fenomeni di ionizzazione in un gas, con particolare riguardo ai tipi risalenti al contatore di Geiger-Müller. Successivamente il libro si occupa dei rivelatori che danno un segnale luminoso: scintillatori, contatori a effetto Cerenkov, fotomoltiplicatori ecc. In particolare considerazione è sempre posta la rivelazione dei neutroni. Negli ultimi capitoli sono trattati i problemi inerenti alla realizzazione dei rivelatori, e il coefficiente di temperatura di essi. Una Appendice raccoglie molte tabelle di utile impiego.

I singoli apparecchi descritti vengono illustrati nella loro costituzione, nel loro funzionamento, nelle varie modificazioni proposte e nelle loro possibili applicazioni, in modo che l'attento lettore ne acquista una solida ed efficace conoscenza.

Il volume è corredato da una ricchissima bibliografia.

L'opera è certamente molto utile e interessante per tutti gli studiosi e ricercatori di fisica atomica e nucleare.

*

E. VILLANI: *Elettrotecnica generale*. (CEIV Libreria Dante, Verona. Un volume di 17×25 cm, di 825 pagine, con 716 figure. Prezzo rilegato, L. 3 700).

Si tratta di un libro destinato principalmente agli studenti degli Istituti Industriali e che raccoglie la lunga esperienza

di insegnante dell'A. e che rivela quindi una impostazione essenzialmente didattica.

La materia contenuta è quella classica dei Trattati di elettrotecnica, ma la presentazione è fatta con metodo particolare. L'A. comincia con esporre le nozioni relative al circuito elettrico in generale; successivamente passa a considerare il campo elettrico, il campo magnetico e il campo elettromagnetico. Stabilite così le nozioni fondamentali, tratta da un punto di vista generale la macchina elettrica e ne definisce i tipi principali e le caratteristiche fondamentali. Segue poi un'ampia trattazione della corrente alternata, che occupa circa una metà del volume.

La esposizione è semplice e chiara, condotta con metodo descrittivo e intuitivo, con l'uso della sola matematica elementare.

Pregio notevole del libro, destinato come si è detto a scopo didattico, è rappresentato dalla raccolta di esercizi svolti, in numero di 180, che chiudono il volume, e che saranno indubbiamente di grande utilità ed efficacia per i discenti.

*

F. MAZZOLENI: *Ingegneria nucleare*. 2ª edizione. (Hoepli, Milano, 1960. Un volume di 17×25 cm, di 596 pagine, con 188 figure. Prezzo L. 5 000).

Il libro, che si presenta ora nella sua seconda edizione opportunamente riveduto e aggiornato, non intende esaurire l'argomento della ingegneria applicata agli impianti nucleari, che anzi molti problemi propri di ingegneria che in tali applicazioni si incontrano non sono presi in considerazione dall'A.; il libro è piuttosto inteso a fornire una buona conoscenza di base, scientifica e tecnica, delle nozioni fondamentali per il calcolo e il progetto di massima dei reattori nucleari; l'A. stesso lo definisce come un libro di prima informazione.

Non si deve però credere che si tratti di un libro di divulgazione; al contrario esso è scritto per tecnici e si tiene a un alto livello di impostazione e di esposizione pur mantenendo un carattere applicativo e pratico e nel campo da esso coperto può essere utile per una prima efficace preparazione a chi, con adeguata preparazione generale, voglia addestrarsi in questo modernissimo campo della tecnica.

Il libro si apre con 3 capitoli che possiamo ritenere introduttivi, che riguardano la struttura della materia, le reazioni nucleari e le misure radioattive. Un quarto capitolo tratta del funzionamento fondamentale dei reattori nucleari, mentre due successivi capitoli riguardano i principi di calcolo e i principi costruttivi dei reattori stessi. Il settimo capitolo si occupa degli elementi fissionabili, moderatori e regolatori. L'ultimo capitolo tratta delle applicazioni: produzione di isotopi, reattori per esperienze, reattori di potenza ecc.; è fatto anche un breve cenno delle reazioni di fusione e dei tentativi per realizzarle. Il volume si chiude con una nota sulle funzioni di Bessel e con una bibliografia.

*

A. CAPPELLO: *Comunicazioni elettriche: storia, servizi, sistemi*. (Ed. Del Bianco, Udine, 1959. Un volume di 17×24 cm, di 623 pagine, con molte figure. Prezzo L. 3 800).

Si tratta di un libro di carattere informativo e narrativo, frutto di paziente compilazione e che fornisce, a chi non sia specializzato, una visione abbastanza completa, anche se non profonda dello stato attuale delle comunicazioni elettriche in Italia e nel mondo.

Il libro si apre con una narrazione delle origini e degli sviluppi delle comunicazioni elettriche fino ai giorni nostri con particolare riguardo al nostro Paese, intercalando alle notizie di carattere tecnico anche quelle relative alle controversie sull'esercizio di Stato o sulle Aziende private ecc.

Un vasto capitolo è destinato alle convenzioni internazionali nel campo delle telecomunicazioni. In un altro capitolo l'A. si occupa degli organismi italiani di telecomunicazioni specialmente in relazione alle ricostruzioni del dopoguerra; si parla anche dei servizi speciali per i piroscafi in navigazione, per la stampa, per il Centro Medico ecc.

Quasi un terzo del volume è dedicato ai radioservizi e alla radioassistenza; molte informazioni sono date sui radiofari e gli ausili alla navigazione aerea.

In un apposito capitolo vengono citati, con sommarie informazioni sulla consistenza e la produzione, i principali costruttori italiani di apparecchiature per le telecomunicazioni e, in una Appendice a tale capitolo si parla di alcuni procedimenti stranieri.

Il libro si presenta interessante per chi, non occupandosi particolarmente dell'argomento, voglia interessarsene a titolo di cultura generale.

*

R. GRIMSEHL: *Lehrbuch der Physik - IV Struktur der Materie*. (B. G. Teubner, Lipsia, 1959. Un volume di 16×22 cm di 700 pagine, con 495 figure. Prezzo, rilegato, 25,20 DM).

Con questo quarto volume riesce completato il classico Trattato di Fisica del Grimsehl; dei volumi precedenti abbiamo dato a suo tempo notizia.

Il volume che presentiamo appare nella sua dodicesima edizione, a cura di W. Schallreuter, completamente rimaneggiato e aggiornato, con la collaborazione di un gruppo di specialisti.

La presentazione della materia è eseguita con un ordine nuovo ma razionale. Poiché la rappresentazione schematica della struttura dell'atomo è già stata data nel volume III, l'A. apre questo quarto volume partendo dalla fisica del nucleo per passare poi alla dualità della materia e della radiazione e successivamente agli spettri e alla struttura atomica e alla fisica molecolare. Le Parti che abbiamo nominato finora sono dovute rispettivamente a P. Kunze, a W. Schallreuter, a R. Ritschl, e ad A. Deubner.

Seguono poi due capitoli relativi rispettivamente alla fisica dello stato liquido (di K. Altenburg) e alla fisica dello stato solido (di W. Böer). L'ultimo capitolo è dedicato alla astrofisica ed è dovuto a W. Grotrian e D. Wempe.

Per quanto i rapidissimi progressi della scienza in questo campo possano rendere questo volume in breve tempo incompleto, esso resterà senza dubbio per lungo tempo un'opera fondamentale e classica così come tutto il Trattato de' Grimsehl. Esso è troppo noto fra gli studiosi perché si debba qui estendersi a illustrarne i pregi e i meriti ma segnaliamo con compiacimento il completamento di questa opera che conserva nelle ormai numerose edizioni i suoi caratteri fondamentali di rigore scientifico e di chiarezza di esposizione.

*

L. NOVELLI: *Illuminazione stradale*. (Anidel 1960. Un volume di 14,5×20,5 cm, di 163 pagine, con 84 figure e 12 tavole. Senza indicazione di prezzo).

Il volume rappresenta il n. 4 della raccolta di « Monografie sulle applicazioni elettriche » edita a cura della Sezione Tecnologica dell'ANIDEL e costituisce una completa monografia per quanto riguarda l'argomento trattato.

L'illuminazione stradale ha acquistato e conserva una crescente importanza in relazione al vertiginoso aumento del traffico stradale; essa ha formato oggetto di numerosissimi studi e di una abbondante bibliografia tecnica che si trova però disseminata in riviste e periodici. Molto opportuno quindi riesce questo volume che presenta un quadro organico e completo del problema, perfettamente aggiornato, scritto con rigore di tecnica ma con criterio direttamente e immediatamente applicativo, esposto con esemplare chiarezza.

Un primo capitolo tratta delle questioni fondamentali relative alla visione notturna e ai coefficienti che su di essa influiscono, corredando la esposizione con molte efficaci fotografie. Due successivi capitoli sono dedicati alle lampade e agli apparecchi illuminanti, e sono arricchiti di molte tabelle numeriche, di grafici, schemi ecc.

Capitoli successivi considerano i criteri di progetto (disposizione dei centri luminosi) il calcolo degli illuminamenti e delle luminanze, i casi particolari di incroci, piazze, gallerie stradali ecc. Questa parte comprende una quantità di notizie utili, di grafici, ecc.; ad essa appartengono 12 tavole fuori testo riguardanti il tracciamento delle curve isolux per disposizioni tipiche e una serie di tabelle numeriche che facilitano il calcolo degli illuminamenti. Sono anche svolti alcuni esempi di applicazione.

Un capitolo è poi dedicato alle misure di illuminamento, di luminanza e di visibilità, su strada; un altro, al ricambio delle lampade.

Il volume si chiude con alcune Appendici che riportano altre nozioni utili, e con una bibliografia specializzata.

Il libro merita veramente di essere segnalato per la accuratezza della sua compilazione, la abbondanza dei dati esposti e per la sua utilità per tutti i tecnici dell'argomento.

*

E. STÄLZER: *Grundlagen des elektromotorische Antriebe*. (2ª edizione. (Fackbuchverlag, Lipsia, 1958. Un volume di 15,5×22 cm, di 110 pagine, con 84 figure. Prezzo 5 DM).

Le esigenze della tecnica moderna richiedono in molti casi una accurata scelta del tipo di motore più opportuno per soddisfare alle particolari condizioni di esercizio. La soluzione va ricercata caso per caso in base a considerazioni che riguardano da un lato le caratteristiche della macchina comandata e, dall'altro, le caratteristiche del motore.

Una guida utile in casi di questo genere è costituita dal volume che presentiamo, scritto con criteri pratici e applicativi.

L'A. richiama anzitutto le nozioni fondamentali sulla dinamica del funzionamento dei motori elettrici e passa poi in rivista i vari tipi di motori, a corrente continua e a corrente alternata, illustrandone le caratteristiche di funzionamento, le possibilità di regolazione, le modalità di inserzione ecc.

In un ultimo capitolo sono considerate le questioni relative alle capacità di sovraccarico dei motori elettrici, al loro funzionamento con carichi variabili, alla sopraelevazione di temperatura ecc.

Il libro è anche corredato da alcuni esempi numerici di calcolo e può essere una guida utile sia per gli studenti delle scuole di ingegneria sia per i tecnici professionisti.

Esegui il versamento della quota Associativa entro i termini Statutari, vuol dire facilitare tutto il funzionamento amministrativo dell'A. E. I.

P. Rossi - M. Bohm — **La centrale termoelettrica Vetro-coke a Porto Marghera.** (« Il Calore », giugno 1960, da pag. 289 a 307, con 16 figure).

La centrale è impostata su due gruppi monoblocco convenzionali a condensazione gemelli da 35 MW di cui uno costituisce la riserva del 100 %. La totalità della riserva è stata suggerita dal proposito di dare completa autonomia e continuità di fornitura agli stabilimenti dove si svolgono lavorazioni a ciclo continuo: per poter disporre in modo opportuno dell'energia del secondo gruppo, quando non sia chiamato alla sua funzione di riserva, la centrale è collegata con le reti a 50 kV ed a 130 kV della zona.

Per la pressione e la temperatura del vapore all'ammissione in turbina sono stati adottati i valori di 80 at e 510 °C, rinunciando al miglior rendimento che si sarebbe potuto conseguire con condizioni più spinte, al fine di ottenere una maggiore garanzia di sicurezza e continuità di servizio. La tensione dei generatori è di 6 500 V, cioè la stessa tensione della rete di distribuzione della fabbrica. La centrale è stata situata presso lo stabilimento Azotati ad una distanza minima dalla cabina esistente, consentendo il trasporto dell'energia senza dover ricorrere ad una doppia trasformazione.

A quota 2,90, nell'ala anteriore, sono sistemati gli interruttori di macchina, i trasformatori 6,5/3 kV dei servizi ausiliari ed il trasformatore a 3 avvolgimenti 6,5/50/130 kV da 45/40/55 MVA. Nella sala macchine, sempre a quota 2,90 si trovano le pompe di circolazione acqua ai condensatori, i condensatori, le pompe di estrazione condensato, gli scambiatori degli spurghi continui, gli scambiatori di bassa pressione n. 1, i serbatoi di raccolta condensato con le relative pompe di ripresa.

Nel sotto-macchina, lato alternatore, sono sistemate le apparecchiature di decompressione e depurazione dell'idrogeno di riempimento degli alternatori e, sempre in prossimità delle fondazioni degli alternatori, le apparecchiature per la regolazione automatica della tensione ed i disecicatori.

L'ala posteriore ospita la sala pompe di alimento, il laboratorio chimico e l'impianto di trattamento acqua, l'officina, i magazzini, gli spogliatoi.

Alla quota 10,90 l'ala anteriore è occupata dagli uffici, salvo l'ultima campata, che costituisce la cella a 50 kV. A questa quota, la sala macchine presenta i gruppi turboalternatori, mentre l'ala posteriore è suddivisa in tre parti: due sale laterali con i quadri dei servizi ausiliari che comprendono le partenze a 3 kV, i trasformatori

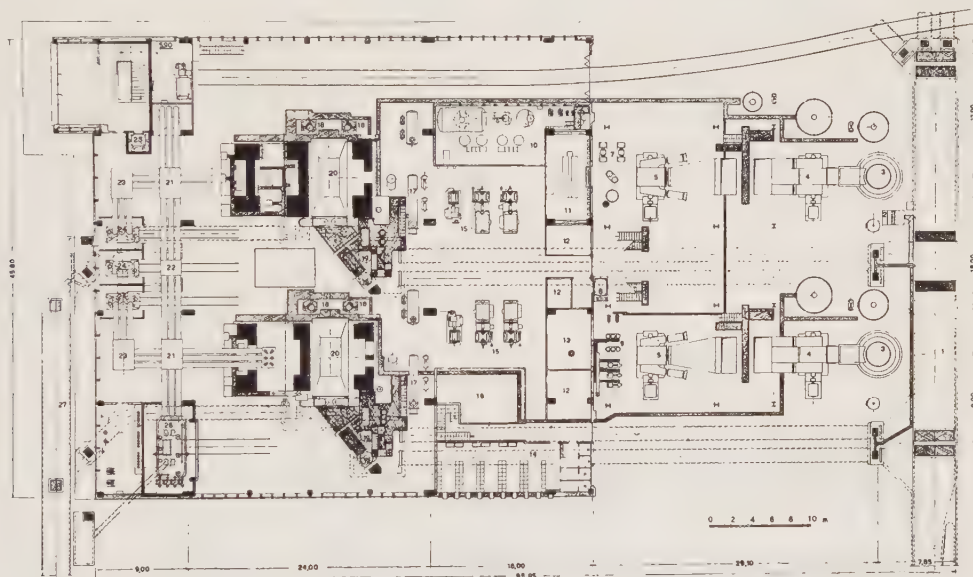


Fig. 1. — Planimetria della centrale.

1, vasca arrivo acqua di mare; 2, impianto clorazione; 3, camini; 4, ventilatori fumi; 5, ventilatori aria; 6, caldaie; 7, stazione compressione aria; 8, montacarichi; 9, gruppo spinta nafta; 10, impianto depurazione acqua; 11, laboratorio chimico; 12, magazzini vari; 13, laboratorio misure; 14, spogliatoi e servizi; 15, pompe alimento; 16, officina; 17, scambiatori B.P. n. 1; 18, pompe di estrazione condensato; 19, pompe di circolazione acqua di mare; 20, condensatori; 21, interruttori di macchina; 22, sezionatore di incrocio; 23, armadi trasformatori di tensione; 24, trasformatori 6,5/3 kV - 2,5 MVA; 25, ascensore; 26, trasformatore 6,5/50/130 kV - 55 MVA; 27, canale di scarico dell'acqua di mare; 28, sottoquadro; 29, sale servizi ausiliari a 3 kV e 0,38 kV; 30, sala quadri; 31, gruppi generatori; 32, uffici; 33, cella 50 kV; 34, cella 130 kV; 35, degasatori; 36, scambiatori A.P.; 37, serbatoi riserva acqua refrigerante; 38, scambiatori B.P. n. 2; 39, serbatoi servizio nafta pesante; 40, gru da 80 t.

Il fabbricato della centrale ha in pianta le dimensioni di 45,80 x 49 m ed è costituito da una sala macchine centrale, a cui si affiancano due ali. Le caldaie sono all'aperto. Date le caratteristiche del terreno, le fondazioni sono su pali. Si sono adottati in genere pali del tipo « Vibro », con portata di 40 t ciascuno, salvo per le strutture leggere dove sono stati usati pali prefabbricati da 7 t. Nella zona della platea di fondazione dei gruppi turboalternatori, sono stati pure usati pali in legno, per il costipamento del terreno.

3/0,38 kV e le partenze a 0,38 kV e, al centro, la sala di comando con i quadri ed i banchi termici ed elettrici.

A quota 7,88 si ha il sottoquadro ed il locale della batteria stationaria di accumulatori.

Nell'ala anteriore, a quota 16,90, solo l'ultima campata è occupata dalla cella a 130 kV, sovrapposta a quella a 50 kV, mentre sul tetto dell'ala posteriore sono installati gli scambiatori di bassa pressione n. 2, i degasatori, gli scambiatori di alta pressione, i serbatoi degli spurghi continui e di tenuta labirinti, oltre ai serbatoi di

riserva dell'acqua di raffreddamento ed ai due serbatoi di servizio della nafta pesante.

Le caldaie, all'aperto, si innalzano fino alla quota di

l'acqua di mare per il raffreddamento dei condensatori, nei pressi della quale è sistemato il dosatore di cloro.

Le caldaie sono del tipo a radiazione, con camera di

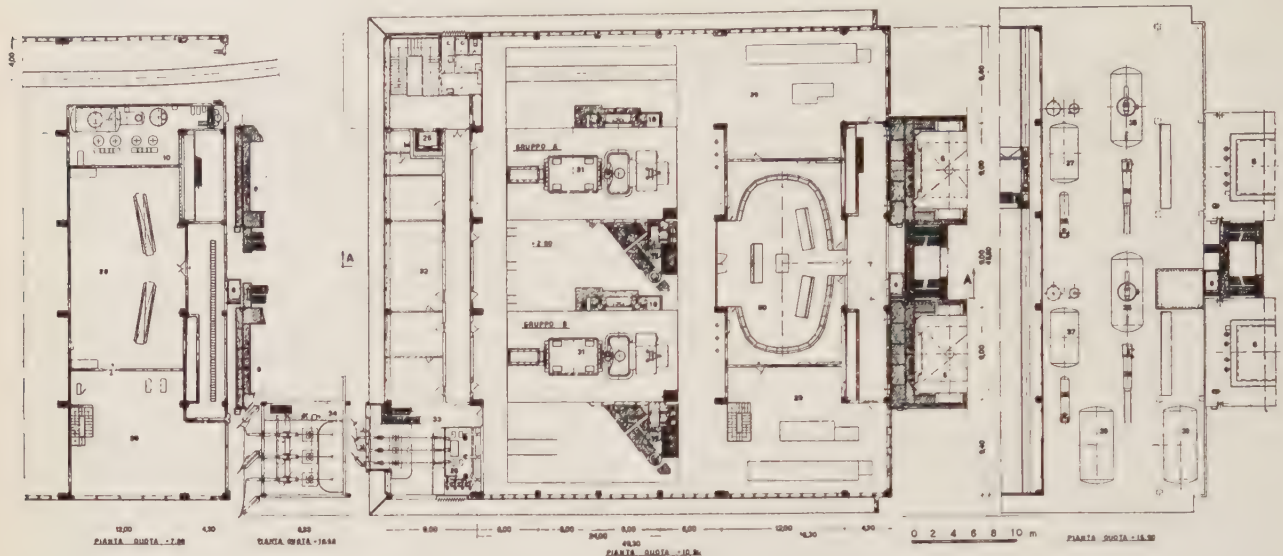


Fig. 2. — Pianta della centrale a quota 10,90.

1, vasca arrivo acqua di mare; 2, impianto clorazione; 3, camini; 4, ventilatori fumi; 5, ventilatori aria; 6, caldaie; 7, stazione compressione aria; 8, montacarichi; 9, gruppo spinta nafta; 10, impianto depurazione acqua; 11, laboratorio chimico; 12, magazzini vari; 13, laboratorio misure; 14, spogliatoi e servizi; 15, pompe alimento; 16, officina; 17, scambiatori B.P. n. 1; 18, pompe di estrazione condensato; 19, pompe di circolazione acqua di mare; 20, condensatori; 21, interruttori di macchina; 22, sezionatore di incrocio;

23, armadi trasformatori di tensione; 24, trasformatori 6,5/3 kV-2,5 MVA; 25, ascensore; 26, trasformatore 6,5/50/130 kV-55 MVA; 27, canale di scarico dell'acqua di mare; 28, sottoquadro; 29, sale servizi ausiliari 3 kV e 0,38 kV; 30, sala quadri; 31, gruppi generatori; 32, uffici; 33, cella 50 kV; 34, cella 130 kV; 35, degasatori; 36, scambiatori A.P.; 37, serbatoi riserva acqua refrigerante; 38, scambiatori B.P. n. 2; 39, serbatoi servizio nafta pesante; 40, gru da 80 t.

29,40; il piano di governo si trova a quota 10,90, cioè al piano della sala quadri. Il piano di governo e l'ultimo piano delle caldaie (piano del corpo cilindrico superiore)

combustione interamente schermata, con bruciatori tangenziali inclinabili, disposti ai quattro angoli della camera di combustione. In ogni angolo vi sono due brucia-

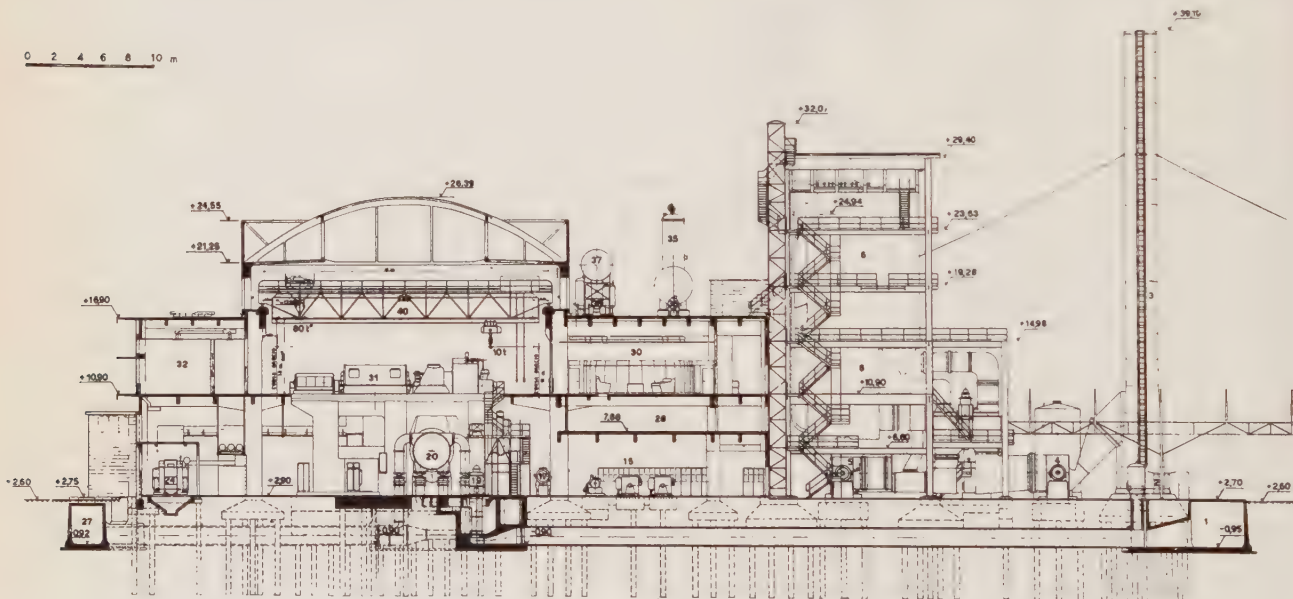


Fig. 3. — Sezione della centrale.

1, vasca arrivo acqua di mare; 2, impianto clorazione; 3, camini; 4, ventilatore fumi; 5, ventilatori aria; 6, caldaie; 7, stazione compressione aria; 8, montacarichi; 9, gruppo spinta nafta; 10, impianto depurazione acqua; 11, laboratorio chimico; 12, magazzini vari; 13, laboratorio misure; 14, spogliatoi e servizi; 15, pompe alimento; 16, officina; 17, scambiatori B.P. n. 1; 18, pompe estrazione condensato; 19, pompe di circolazione acqua di mare; 20, condensatori; 21, interruttori di macchina; 22, sezionatore di incrocio;

23, armadi trasformatori di tensione; 24, trasformatori 6,5/3 kV-2,5 MVA; 25, ascensore; 26, trasformatore 6,5/50/130 kV-55 MVA; 27, canale di scarico dell'acqua di mare; 28, sottoquadro; 29, sale servizi ausiliari a 3 kV e 0,38 kV; 30, sala quadri; 31, gruppi generatori; 32, uffici; 33, cella 50 kV; 34, cella 130 kV; 35, degasatori; 36, scambiatori A.P.; 37, serbatoi riserva acqua refrigerante; 38, scambiatori B.P. n. 2; 39, serbatoi servizio nafta pesante; 40, gru da 80 t.

sono protetti con una pannellatura in laminato plastico, sostenuta da una intelaiatura di profilati in ferro.

Dietro le caldaie si ha la vasca coperta dell'arrivo del-

tori a nafta, a spinta meccanica con ritorno, e 4 bruciatori a metano. Le caldaie sono pure fornite di due sistemi di torce pilota, a gas ed a nafta leggera. I bruciatori a

nafta sono alimentati da una centrale di pompaggio, comprendente 3 pompe per nafta pesante, in quanto è comune alle due caldaie la pompa di riserva, e due pompe per nafta leggera.

Ogni caldaia ha un ventilatore aria ed un ventilatore

dei fumi, è previsto un by-pass per ridurre la portata dell'aria attraverso i riscaldatori. Il surriscaldatore è suddiviso in due banchi, di bassa ed alta temperatura, tra i quali è interposto un attemperatore a iniezione per la regolazione della temperatura del vapore surriscaldato.

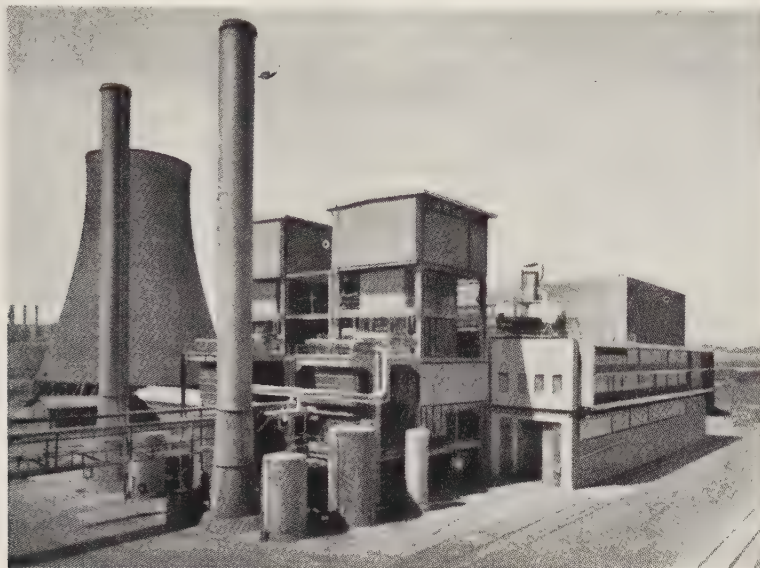


Fig. 4. — Vista della centrale.

fumi; a valle del surriscaldatore a bassa temperatura si trovano l'economizzatore a tubi alettati ed il riscaldatore d'aria del tipo rotativo Ljungström. Dal lato aria il ri-

L'intervento dell'attemperatore è combinato con il brando dei bruciatori.

I dati principali delle caldaie sono i seguenti: pressione

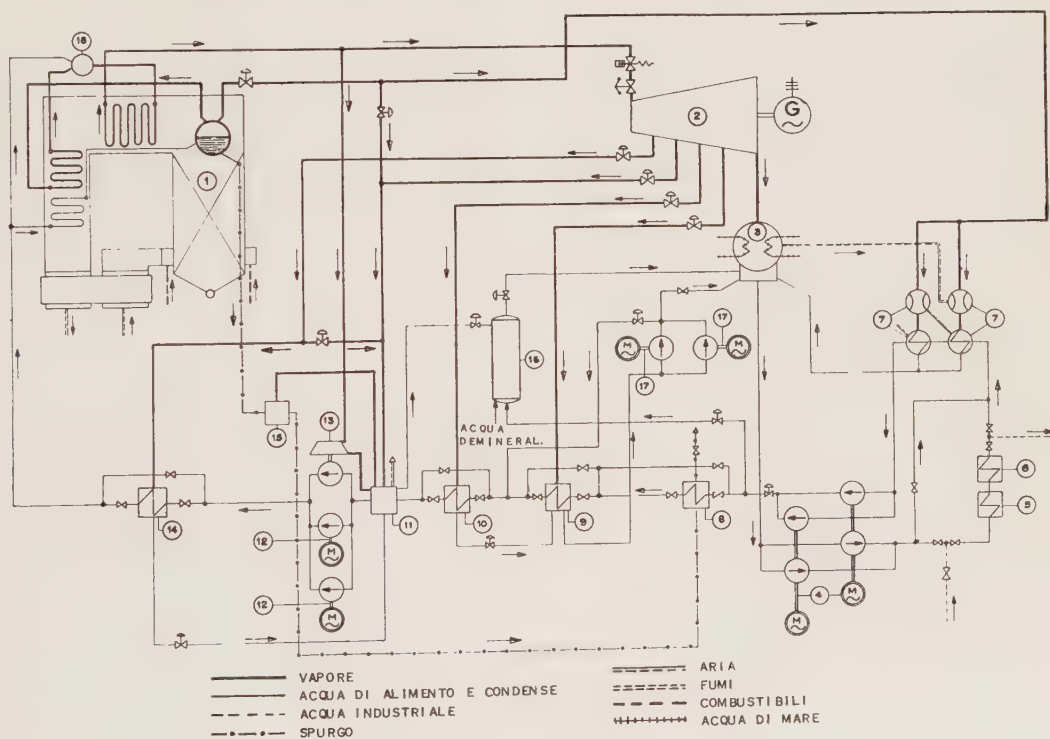


Fig. 5. — Ciclo termico.

1, caldaia; 2, turboalternatore; 3, condensatore; 4, pompe d'estrazione; 5, refrigerante idrogeno; 6, refrigerante olio; 7, eiettori e condensatori degli eiettori; 8, scambiatore spurgo continuo; 9, scambiatore B.P. n. 1; 10, scambiatore B.P. n. 2; 11, degasatore; 12, elettropompe alimento; 13, turbopompa

alimento; 14, scambiatore A.P.; 15, serbatoio di espansione spurgo continuo; 16, serbatoio acqua demineralizzata; 17, pompe di ripresa condense; 18, attemperatore.

scaldatore è preceduto da un radiatore a vapore; inoltre per evitare d'inverno temperature eccessivamente basse

di timbro: 102 ate; pressione alla valvola di presa: 92 ate; temperatura alla valvola di presa: 520 °C; produ-

zione massima continua: 135 t/h; produzione di punta (1 ora ogni 8): 150 t/h; produzione di massimo rendimento: 100 t/h; rendimento massimo: 91,5 %; superficie riscaldata: 1 030 m²; temperatura dell'acqua di alimento (al carico di 35 MW): 179 °C.

Le turbine sono ad un solo cilindro, con una ruota ad azione a due corone di palette ed un tamburo a reazione, con 34 file di palette. Parte del vapore viene derivato con 4 spillamenti, a pressione non regolata, per alimentare il ciclo di preriscaldamento e degasazione dell'acqua di alimento. Lo scarico è a condensatore, raffreddato con acqua di mare. Per l'estrazione dell'aria dal condensatore sono previsti due eiettori, uno dei quali è di riserva, oltre ad un eiettore pilota per gli avviamenti. La turbina è

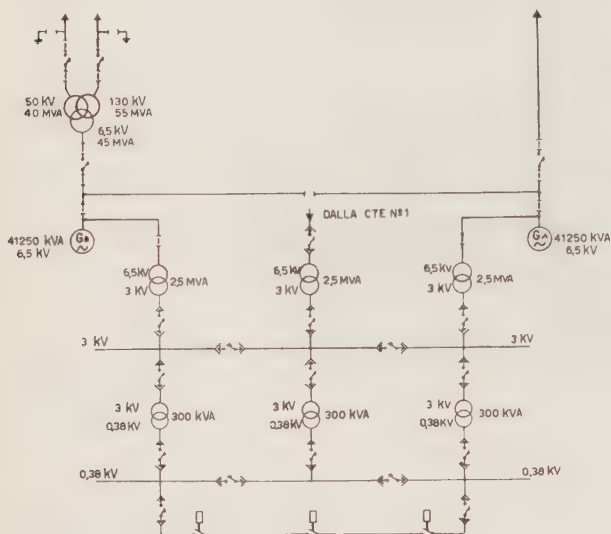


Fig. 6. — Schema elettrico generale.

munita di viratore per mantenerla in lenta rotazione durante le fermate. Il regolatore di velocità è del tipo oleodinamico: una girante tachimetrica genera una pressione funzione della velocità e tale pressione costituisce l'impulso che determina la posizione delle valvole di ammissione.

di massimo rendimento: 30 000 kW; velocità: 3 000 giri/min; pressione d'ammissione: 88 ate; temperatura d'ammissione: 510 °C; portata dell'acqua di raffreddamento del condensatore: 5 000 m³/h; consumo medio di calorie per kWh lordo (garantito): 2 595 kcal/kWh. Nei primi mesi d'esercizio si è constatato che i gruppi sono in grado di erogare 35 MW in marcia continua.

Gli alternatori trifasi sono direttamente accoppiati alle turbine. Il rotore è del tipo liscio, ricavato in un solo pezzo con l'albero da un fucinato di acciaio speciale.

Gli alternatori sono refrigerati ad idrogeno, raffreddato a sua volta con condensato o acqua industriale, mediante 4 refrigeranti ad asse verticale incorporati nelle macchine. La pressione dell'idrogeno può variare da 0,03 ate a 2 ate. La tenuta dell'idrogeno in corrispondenza dei cuscinetti è realizzata mediante un flusso continuo di olio a pressione superiore a quella dell'idrogeno. L'olio di tenuta viene depurato e restituito al circuito di lubrificazione che è comune alla turbina e all'alternatore.

Il gruppo di eccitazione è accoppiato mediante un riduttore con rapporto 1/2 al generatore e comprende una eccitatrice principale ed una eccitatrice pilota. Quest'ultima viene utilizzata solo quando la regolazione della tensione è effettuata manualmente, mentre essa è esclusa quando è inserito il regolatore automatico. Il regolatore automatico di tensione è del tipo ad amplificatori magnetici ed amplidina.

Le caratteristiche principali dei generatori sono: potenza nominale continua alla pressione di 0,03 ate di H_2 : 36 000 kVA; id. alla pressione di 1 ate di H_2 : 41 250 kVA; potenza nominale continua alla pressione di 2 ate di H_2 : 45 000 kVA; tensione: 6 500 V; frequenza: 50 Hz; velocità: 3 000 giri/min.

Il ciclo, del tipo rigenerativo a 4 spillamenti, è rappresentato dalla fig. 5. Il condensato è estratto dal condensatore da due pompe (una delle quali è di riserva). Dopo il primo stadio, il condensato attraversa i refrigeranti dell'idrogeno e dell'olio ed i condensatori degli eiettori, mentre sulla mandata del secondo stadio sono inseriti lo scambiatore per il raffreddamento degli spurghi continui ed i due riscaldatori di bassa pressione, alimentati dal vapore dei due ultimi spillamenti, ed infine il degasatore a cui è inviato il vapore del secondo spillamento. Dal degasatore aspirano le pompe d'alimento: sono state previste per ogni gruppo due elettropompe capaci cia-

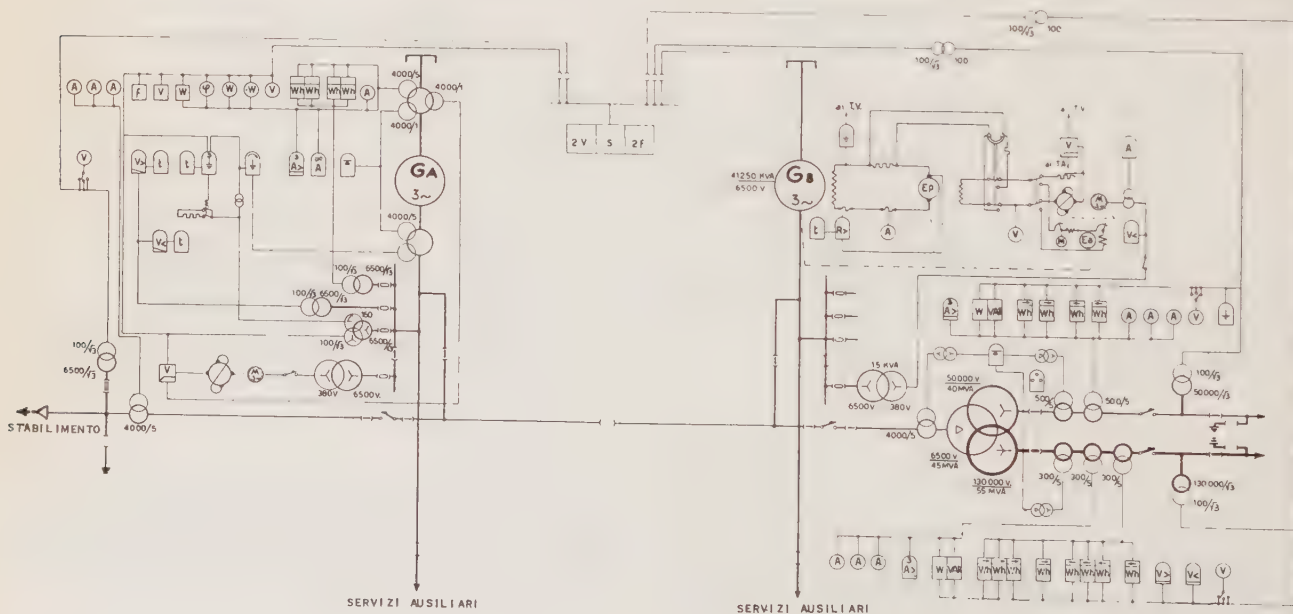


Fig. 7. — Schema elettrico della centrale.

Le caratteristiche più importanti delle turbine sono: potenza massima continua garantita: 33 000 kW; potenza

scuna di pompare 170 t/h ed una turbopompa con la portata di 81 t/h. Le condense dello scambiatore di bassa

pressione n. 2 sono inviate allo scambiatore n. 1; le condense di entrambi gli scambiatori sono riprese poi con una pompa e rimesse in ciclo. La condensa dello scambiatore di alta pressione è invece convogliata al degassatore.

Lo schema elettrico è rappresentato dalle figg. 6 e 7. Come si rileva dallo schema, il gruppo *A* eroga normalmente l'energia prodotta a 6,5 kV sui cavi, mentre il gruppo *B* immette energia sulle linee a 50 od a 130 kV a mezzo del trasformatore a tre avvolgimenti. È però possibile, quando un gruppo sia fermo, realizzare il servizio incrociato, cioè inviare l'energia prodotta dal gruppo *A* sulle linee ad alta tensione, oppure convogliare l'energia prodotta dal gruppo *B* sui cavi. Per realizzare questa possibilità, gli interruttori sono stati sistemati a valle della sbarra di connessione ed è stato previsto l'incrocio delle protezioni in modo che ogni interruttore protegga l'uno o l'altro gruppo, a seconda che il selezionatore della sbarra di connessione sia aperto o chiuso. Tutti i collegamenti a 6,5 kV all'interno della centrale sono realizzati con condotti sbarre a fasi isolate.

Il trasformatore 6,5/50/130 kV è del tipo in olio con raffreddamento ad acqua ed ha una potenza nominale di 45/40/55 MVA. Gli interruttori a 50 e 130 kV sono del tipo ad olio ridotto.

L'alimentazione dei servizi ausiliari è ottenuta mediante tre trasformatori da 2 500 kVA, con rapporto di trasformazione 6,5/3 kV.

Ogni macchina è rigidamente connessa al proprio trasformatore, il terzo trasformatore è invece collegato alla rete di fabbrica ed assicura l'alimentazione ai servizi generali, oltre ad alimentare i servizi di gruppo in caso di avviamento o di emergenza. La rete a 380 V è alimentata da due trasformatori 3 000/380 V da 300 kVA dei servizi ausiliari: un terzo trasformatore uguale ai precedenti alimenta i servizi generali. I motori fino alla potenza di 60 kW sono alla tensione di 380 V, quelli di potenza superiore sono a 3 kV.

Sui quadri della sala centrale di controllo sono riuniti gli strumenti indicatori e registratori. Inoltre, per il controllo visivo, in sala quadri, del livello del corpo cilindrico, esiste un impianto di televisione. Sui quadri elettrici sono inoltre montati i relè di protezione degli alternatori e del trasformatore. Gli organi di comando sono raccolti su due banchi termici e su un banco elettrico, sui quali è riportato in rilievo lo schema dell'impianto.

La regolazione automatica delle caldaie è del tipo elettrico, con trasmettitori ad induzione. Sostanzialmente il

circuito di regolazione è costituito da: 1) un trasmettitore ad induzione, accoppiato ad uno strumento di misura, della grandezza da regolare, il cui segnale viene confrontato con quello emesso da un altro trasmettitore, mediante il quale si può prefissare il valore desiderato; 2) un amplificatore con valvole termoioniche alla cui griglia viene applicata la tensione di scarto risultante dal confronto delle tensioni dei trasmettitori; 3) un servomotore, alimentato dalla rete e dalla corrente di placca dell'amplificatore, che comanda l'organo di regolazione. Il servomotore può essere azionato anche manualmente sul posto e mediante telecomando a distanza. Le grandezze regolate automaticamente sono: *a*) pressione del vapore; *b*) rapporto aria-combustibili; *c*) depressione in camera di combustione; *d*) temperatura del vapore surriscaldato; *e*) livello nel corpo cilindrico; *f*) temperatura media dell'estremo freddo del riscaldatore Ljungström.

L'acqua di integrazione è fornita da un impianto di demineralizzazione che è in grado di trattare l'acqua industriale della rete di fabbrica, oppure direttamente l'acqua grezza. L'impianto ha una portata di 10 t/h ed è costituito da due filtri cationici, una torre di degasazione e due filtri anionici. Per il controllo continuo dell'impianto sono stati previsti registratori di pH e di conducibilità.

Come già in precedenza accennato, l'acqua per il raffreddamento dei condensatori è acqua di mare, prelevata da un canale della zona industriale. L'acqua viene attinta mediante un'opera di presa prevista per una portata di 15 000 m³/h ed addotta da 3 pompe verticali, a pale orientabili, di cui una di riserva comune ai due gruppi. Le pompe mandano l'acqua in una vasca di carico da cui partono due tubazioni interrate in cemento, lunghe circa 850 m. L'acqua dopo il passaggio attraverso i condensatori, viene restituita alla laguna con un canale a pelo libero. Per evitare la formazione di depositi di microrganismi sui tubi del condensatore, si provvede alla iniezione di cloro nell'acqua di refrigerazione.

Le caldaie sono previste, come già detto, per bruciare metano e nafta. La stazione di decompressione del metano comprende due riduttori da 15 000 Nm³/h, completi di filtri e riscaldatori a vapore. Il parco nafta comprende due serbatoi, ciascuno con una capacità di 7 500 m³. L'impianto è previsto per ricevere nafta via mare a mezzo bettoline e via terra a mezzo autocisterne. La stazione di pompaggio nafta comprende 4 pompe: due per il caricamento dei serbatoi di deposito e due per inviare la nafta ai serbatoi di servizio. Ri



ASSOCIAZIONE ELETTROTECNICA ITALIANA

POSTA SOTTO GLI AUSPICI DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE
ERETTA IN ENTE MORALE IL 3 FEBBRAIO 1910

Per la LXII Riunione Annuale

Nella Assemblea generale dei Soci tenuta recentemente ad Ancona sono stati riconfermati per la Riunione Annuale del 1961 la sede di Torino e i due temi già approvati nella seduta di Consiglio del 13 aprile 1960 secondo quanto risulta dal Verbale pubblicato su « L'Elettrotecnica » n. 6 del 1960 a pag. 467 e segg.

Come è noto i due temi sono i seguenti :

- per le così dette correnti forti : « **L'elettrotecnica nella industria meccanica e siderurgica** » ;
- per le così dette correnti deboli : « **Sistemi elettronici di calcolo e di controllo** ».

La importanza e la attualità dei due temi appare evidente. La loro portata è così vasta che si è ritenuto necessario inquadrare gli argomenti da trattare per contenere i lavori del futuro congresso in limiti proporzionati al tempo disponibile.

Per il primo tema si sono quindi stabiliti i seguenti capitoli :

- 1) Macchine utensili, caratteristiche di motori, regolazione.
- 2) Macchine elettriche nella siderurgia.
- 3) Possibili anomalie dovute alle macchine elettriche (vibrazioni, riscaldamento, ecc.) : prevenzioni e rimedi.
- 4) Controllo e collaudo delle lavorazioni.
- 5) Trattamenti termici.
- 6) Controllo dei materiali.
- 7) Mezzi elettrici e magnetici di trasporto e di sollevamento.
- 8) Criteri di impianto e di sicurezza.

Per il secondo tema si sono stabiliti i seguenti capitoli :

- 1) Organizzazione del sistema.
- 2) Elementi costituenti.
- 3) Applicazioni.

Tutti coloro che intendono presentare Memorie sono pregati di mettersi sollecitamente al lavoro. Ricordiamo che il termine per la comunicazione dei titoli delle future memorie è stabilito al **31 gennaio 1961** e il termine estremo per la presentazione delle Memorie è stabilito al **30 aprile 1961**. Queste date sono da intendersi improrogabili; se qualche tolleranza potrà essere ammessa per quanto riguarda la preventiva segnalazione dei titoli, ciò non sarà, per nessuna ragione, possibile per quanto riguarda la presentazione dei testi completi.

Si tratta di imprescindibili ragioni di organizzazione per arrivare a distribuire preventivamente le Memorie stampate; abbiamo più volte illustrate queste ragioni e la esperienza degli ultimi anni ha dimostrato che a tale scopo non è assolutamente possibile transigere sulla data del 30 aprile se si vuol raggiungere lo scopo. Tale data deve anzi ritenersi già troppo avanzata perchè, anche così, soltanto col concorso di favorevoli circostanze è possibile arrivare a stampare tempestivamente tutte le Memorie: basterebbe un piccolo intorciamento accidentale che turbasse il regolare svolgimento delle operazioni per compromettere il risultato.

Per la LXII si prevede un afflusso molto numeroso di Memorie e ciò rende anche più necessaria l'intransigenza sulla data di presentazione.

Ricordiamo ancora agli Autori che, come di consueto, la mole della Memoria deve essere contenuta entro **4 pagine di stampa** nel formato del nostro giornale, comprese le figure. La spesa per le eventuali pagine in più sarà addebitata agli Autori.

Insieme al testo delle loro Memorie gli Autori sono pregati di inviare anche un **breve riassunto** (una o due pagine dattilografate, circa) da pubblicare su « L'Elettrotecnica », come si è fatto per la LXI Riunione nel fascicolo 8 bis di quest'anno.

Premio Jona

Nella Assemblea Generale tenuta ad Ancona il 21 settembre 1960 è stata proclamata l'assegnazione del Premio per il triennio 1957-59.

Riportiamo la Relazione della Commissione Giudicatrice.

La Giuria, costituita dai signori: Claudio Castellani, Giuseppe Evangelisti, Emilio Santuari, Rinaldo Sartori (Presidente), ha esaminato i lavori pubblicati dall'A.E.I. nel triennio 1957-1959, che abbiano precedentemente formato oggetto di comunicazioni alle Sezioni o alle riunioni annuali.

Dopo attento esame ha fermato la propria attenzione sugli scritti del dr. ing. Enrico Balp, e in particolare sull'ultimo di essi dal titolo: « Considerazioni sulla possibilità che i grandi trasformatori possano reggere alle sollecitazioni dinamiche e termiche di corto circuito »; pubblicato a pagina 178 de « L'Elettrotecnica » nell'anno 1959.

Questo lavoro, con i precedenti del triennio e con quelli anteriormente noti, completa il quadro del geniale contributo, fornito da lunghi anni dall'ing. Balp, allo studio e soprattutto al progetto ed alla attuazione di grandi trasformatori.

La Giuria unanime ritiene quindi di proporre l'assegnazione del Premio Jona del 1960 all'ing. Enrico Balp, quale riconoscimento di una lunga attività, coronata da attuazioni di grande importanza, nel campo del progetto e della costruzione dei grandi trasformatori.

Porgiamo all'egregio Collega le più cordiali felicitazioni.

NOTIZIE DELLE SEZIONI

SEZIONE DI CATANIA

Il giorno 18 giugno 1960 il dott. ing. **Francesco Gentile** dell'Ente Siciliano di Eletticità, ha tenuto una conferenza sul tema: **La trazione elettrica - Mezzo secolo di esperienze.**

Presentato dal presidente della sezione dr. ing. Gianfilippo Carciotto l'oratore ha esordito con richiami storici che si riallacciano ai primi esperimenti dell'applicazione dell'elettricità al traino dei convogli su rotaia, sia tranviari che ferroviari, in Europa ed in America. Ha successivamente ricordato il perfezionarsi del sistema di trazione a corrente continua in America ed il nascere e l'estendersi del sistema trifase in Europa e particolarmente in Italia; infine i primi esperimenti col sistema monofase e le accanite, lunghe polemiche intorno alla superiorità di questo o quel sistema.

Dopo un breve cenno sul sistema monotrifase e sui pochi esperimenti fatti in America con tale sistema su impianti ferroviari a traffico particolarmente pesante, l'oratore è passato quindi a stabilire un interessante confronto tra i vari sistemi di trazione, sottolineando di ciascuno le caratteristiche più importanti, i vantaggi e gli inconvenienti, sia dal punto di vista tecnico che da quello economico.

Ha poi trattato del problema generale dell'alimentazione di una rete ferroviaria, lueggiandolo sotto il profilo delle esigenze tecniche e sotto l'aspetto della convenienza economica.

L'oratore ha, infine, accennato alle tendenze che si delineano in questo campo sia per quanto concerne i perfezionamenti dei sistemi e degli impianti di trazione elettrica in Europa, sia per quanto riguarda il continuo progredire della « Motorizzazione » americana con locomotive Diesel-elettriche.

Al termine della conferenza l'oratore è stato vivamente applaudito.

SEZIONE DI FIRENZE

Dal 15 al 21 giugno 1960 un numeroso gruppo di nostri soci ha effettuato una riuscita gita turistico-tecnica alle Isole Eolie e a Palermo.

Dopo un viaggio in treno di accostamento i partecipanti hanno pernottato a Vulcano da dove il giorno seguente un moderno aliscafo li ha prelevati per una stupenda corsa lungo le isole sino a Stromboli.

In serata lasciato l'aliscafo hanno raggiunto in treno Palermo ove erano ad attenderli per il benvenuto l'ing. Mastricchi della locale Sezione e altri Soci palermitani.

Il pomeriggio del giorno seguente, gentilissimamente e signorilmente ospitati dalla Soc. Termo-Elettrica Siciliana, si è svolta la visita della moderna Centrale termica di Palermo; accompagnati dal segretario del Consiglio di amministrazione avv. Capri, dall'ing. D'Amico, dall'ing. Caramanna, dal prof. Savagnone e dall'ing. Mastricchi i partecipanti mescolati a studenti ed a consoci palermitani si sono interessati minutamente al funzionamento della centrale.

Durante il rinfresco che ha seguito la visita i gitanti hanno avuto modo di simpatizzare con i soci della Sezione di Palermo e con altri intervenuti fra cui l'on. prof. Faletti, il prof. Sellerio dell'Università di Palermo.

La giornata della domenica è stata dedicata ad una escursione a Segesta, Trapani, Erice, Selinunte.

Lunedì mattina, con automezzi S.T.A.S. i soci si sono portati in visita alla costruenda diga e all'impianto idroelettrico e di pompaggio di Guadalami, modernissima opera che permetterà alla SGES di produrre 90 milioni di kWh di energia di punta e di meglio regolare il fattore frequenza-potenza della sua rete. Alla visita hanno partecipato anche i consoci di Palermo e un gruppo di professori, fra cui l'on. Maletti, e di studenti.

È seguito un rinfresco sul luogo e, dopo un lungo giro in pullmann per la piana degli Albanesi, vicina a Guadalami, e per la valle di Monreale, un pranzo a villa Igea. Nella meravigliosa cornice di villa Igea dopo un simpaticissimo discorso di ringraziamento pronunciato dall'ing. Mariani, ex Presidente della Sezione di Firenze, e dopo la risposta dell'avv. Capri, in rappresentanza dei Presidenti della SGES e della STES, si è chiuso il soggiorno palermitano dei gitanti che con un confortevole piroscalo postale sono rientrati a Napoli e poi a Firenze.

La visita ha avuto echi di stampa e televisivi.

✱

SEZIONE DI NAPOLI

Venerdì 29 aprile 1960 l'ing. Giuseppe Fatuzzo, Capo Divisione Lavori del Compartimento di Napoli delle FF.SS., ha tenuto una conferenza sul tema: « La nuova stazione ferroviaria di Napoli Centrale ».

L'oratore, dopo un breve cenno storico relativo alla Stazione Ferroviaria di Napoli Centrale entra nel vivo del tema dicendo che i lavori di costruzione della nuova Stazione Ferroviaria si possono suddividere in tre complessi di opere, distinti fra loro, ma che si compenetrano non solo circa la loro finalità, ma soprattutto per quanto riguarda i tempi succes-

sivi di esecuzione, che sono stati programmati con la massima cura, dovendosi, dette opere, realizzarsi senza interrompere il traffico ferroviario: la costruzione del vero e proprio « fabbricato viaggiatori », la costruzione del nuovo alveo del Canale Arenaccia e la copertura della Stazione inferiore di piazza Garibaldi.

La costruzione del fabbricato viaggiatori è stata informata dal criterio di garantire un diretto contatto tra il traffico urbano e il traffico ferroviario, dando al pubblico la possibilità di avere sottomano tutti i servizi che principalmente lo interessano. Il fabbricato è costituito da un piano terreno coperto a 7 m di altezza da un'originale orditura di travi parzialmente cave, disposte secondo i lati di un triangolo equilatero, poggianti su pilastri a tripode ubicati sui vertici dei triangoli, pure equilateri, di 19,50 m di lato. Su queste travi a 70 cm di altezza poggia il manto di copertura costituito da elementi piani triangolari e da elementi inclinati, in modo da formare delle sfenestrate che diano luce al piano sottostante. Al disotto di questa ampia copertura, che si sviluppa per circa 260 m di fronte, vengono posti tre ampi padiglioni a vetri dove troveranno posto tutti i servizi di stazione (biglietterie, bar, sale di attesa, ecc.).

Un sistema di scale fisse e mobili darà accesso ad un ampissimo complesso di opere sottostanti al piano terra dove saranno disposte le biglietterie per la ferrovia metropolitana, magazzini e servizi accessori (diurno, ecc.). Da questo piano interrato sarà dato accesso alla Stazione di piazza Garibaldi. L'oratore passa quindi ad illustrare le opere relative al nuovo alveo del canale Arenaccia, per il quale si è dovuto costruire un nuovo ponte canale, e le opere di copertura della Stazione di piazza Garibaldi, opere che possono considerarsi veramente come un'impresa notevole dell'ingegneria tenuto conto della loro complessità, del loro perfetto coordinamento e delle limitazioni di spazio e di tempo che l'esercizio ferroviario e la data entro la quale dovranno essere finiti i lavori hanno imposto.

Nell'opera sono stati impegnati: circa 74 000 m³ di calcestruzzo e 6 000 t di ferro, sono stati eseguiti 80 800 m di pali di fondazione e scavi e demolizioni per oltre 250 000 m³; l'opera nel suo complesso viene a costare 5 150 milioni!

La conferenza è stata illustrata da numerose proiezioni ed al termine l'oratore è stato vivamente applaudito.

✱

SEZIONE DI PALERMO

Graditi ospiti della Sezione AEI di Palermo sono stati, nei giorni 18, 19 e 20 giugno 1960, alcuni soci della Sezione AEI di Firenze che quest'anno hanno scelto la Sicilia come meta della loro gita.

Durante il loro breve soggiorno hanno visitato, unitamente ai soci di Palermo: la centrale termoelettrica di Palermo della STES ed il cantiere di lavori del costruendo impianto idroelettrico e di pompaggio del Guadalami, situato nell'alto bacino del fiume Belice in prossimità di Piana degli Albanesi, della Società Generale Elettrica della Sicilia.

Hanno alternato le visite ai predetti impianti con escursioni turistiche alle Isole Eolie, ad Erice, a Segesta e Selinunte.

COMITATO ELETTROTECNICO ITALIANO

Riunioni dei Sottocomitati e delle Commissioni di Studio del CEI avvenute nel mese di Settembre 1960

presso la sede del CEI o in altra sede specificata

7 settembre, ore 15 - Sottocomitato 40 « Componenti per apparecchiature elettroniche » - Gruppo di lavoro della Commissione 40-1 « Condensatori e resistori »; presiede dr. ing. M. Mariani.

1) Prosecuzione esame progetto Norme Condensatori Cap. III paragrafi:

- Condensatori a nastro dielettrico avvolto per corrente continua.
- Condensatori ceramici di classe I e II.
- Resistori fissi non a filo di classe I e II.
- Potenzimetri con elemento resistivo a strato di grafite.

2) Programma di lavoro per le successive riunioni.

9 settembre, ore 15, presso Ufficio prof. E. Bottani (via A. Saffi 15, Milano) - Sottocomitato 17 « Grossa apparecchiatura » - Commissione A « Interruttori a corrente alternata A.T. »; presiede prof. E. Bottani.

1) Esame doc. IEC 17 A (Sec) 24 - « Prove di apertura di cavi a vuoto », e 17 A (France) 29 - « Norme per i sezionatori sotto carico con fusibili incorporati ».

2) Esame delle osservazioni al prog. S. 164 « Interruttori a corrente alternata a tensione superiore a 1 000 V » e preparazione del testo definitivo.

10 settembre, ore 9,30 - Sottocomitato 9 « Trazione » - Riunione plenaria; presiede dr. ing. D'Arbela.

- Comunicazioni del Presidente.
- Continuazione esame del progetto Norme per l'apparecchiatura elettrica a bordo di rotabili automotori elettrici, alimentati da linea di contatto e della nomenclatura relativa.

12 settembre, ore 14,30 - Sottocomitato 20 « Cavi » - Com-

missione 2 B « Cavi isolati in gomma e materie plastiche »; presiede dr. ing. A. Gulinello.

— Ultimazione esame del Progetto Norme per cavi isolati con materiale termoplastico per tensioni nominali da 1 a 15 kV (dall'art. 1.1 al 2.4.03).

21 settembre, ore 9,30 - Sottocomitato 21-35 « Accumulatori e Pile » - Commissione ristretta Esperti.

— Esame progetto Norme per accumulatori alcalini in elaborazione presso la Marina Militare Italiana in relazione alla prossima pubblicazione del fascicolo di Norme elaborate dal Sottocomitato 21-35 CEI.

26 settembre, ore 9,15 - Sottocomitato 7 « Materiali conduttori » - Riunione plenaria; presiede dr. ing. C. Pramag-giore.

— Esame osservazioni al progetto S. 173 « Norme per conduttori a filo unico, ovvero corde formate da filo di acciaio rivestito di rame destinate a linee aeree di telecomunicazione e di trasporto di energia ».

— Comunicazione sull'attività del gruppo di lavoro « Conduttori » del Comitato IEC n. 7.

— Lavori futuri.

28 settembre, ore 9, presso Edison Sez. Accumulatori (via Boccaccio 2, Milano) - Sottocomitato 21-35 « Accumulatori e Pile » - Gruppo di lavoro.

— Prosecuzione e conclusione esame « Norme sugli accumulatori alcalini al Fe-Ni-Cd per la parte riguardante la Marina Militare ».

28 settembre, ore 15,30 - Sottocomitato 36 « Isolatori » - Riunione plenaria; presiede dr. ing. P. Facconi.

1) Comunicazioni del Presidente.

2) Nuove Norme internazionali per il collaudo dei grossi isolatori.

3) Risposta del Comitato Italiano all'IEC in merito a documenti inviati all'inchiesta pubblica.

4) Documenti che saranno discussi a New Delhi.

30 settembre, ore 9,15 - Sottocomitato 20 « Cavi » - Commissione 20 B « Cavi isolati in gomma e materie plastiche »; presiede dr. ing. A. Gulinello.

— Continuazione esame progetto Norme 20 B-2 (1) relativo alle prescrizioni di prova per i materiali impiegati nella costruzione dei cavi isolati con gomma o con materie plastiche.

✱

Riunione del Sottocomitato 3-18 della I.E.C.

(Parigi, 8 luglio 1960)

Vi ha partecipato, in sostituzione dei Colleghi Sadowski, Brandolin e Del Re, il sottoscritto, che fa parte del Sottocomitato misto n. 18 del CEI, in quanto egli già trovavasi a Parigi per la riunione del S.C. n. 3 della IEC. A lui gli anzi-detti Colleghi fecero pervenire tempestivamente un riassunto del punto di vista del S.C. 18 sulle questioni poste all'ordine del giorno.

La riunione dell'8 luglio si protrasse per oltre 8 ore, giungendo a formulare proposte concrete in base alle quali il Segretariato della IEC compilerà un nuovo documento a modifica di quello 3/18 (Secretariat) 332/428, distribuito lo scorso febbraio e dettagliatamente esaminato nella riunione di Parigi. Sulla base di esso si potrà giungere prontamente alla compilazione dell'elenco dei Segni Grafici per la Marina, che risulterà omogeneo con i numerosi simboli della IEC.

Alla riunione parteciparono tre soli membri del C.S. n. 18, appartenenti a due nazioni. E precisamente: due per la Francia, uno per l'Olanda (il cui rappresentante copriva le funzioni di segretario). Parteciparono anche sei Paesi del Comitato misto 3/18, e precisamente: Austria, Francia, Germania, Italia, Olanda, Svezia. Inoltre quattro Paesi del Comitato n. 3, e cioè: Francia (con due rappresentanti), Germania, Svezia, USA.

Ha presieduto M. Wilfart, membro del Comitato misto in rappresentanza della Francia.

È prevista per l'anno venturo una riunione del C.S. 3/18 a Stoccolma verso la metà di giugno.

A. Righi

Progetti UNEL in inchiesta pubblica

La UNEL ha pubblicato i seguenti progetti di unificazione:

UNEL Pr. 1022-1019-885-886-887-1018-1021-1023-1024-1025 - Materiale per linee di contatto di ferrovie a tensione nominale 3 kV. Apparecchiature per sospensione longitudinale, tipo pesante, della linea di contatto.

UNEL Pr. 1089 - Motori asincroni trifasi, chiusi ventilati esternamente, con rotore a gabbia - Tensione nominale ≤ 500 V - Frequenza 50 Hz - Classe isolamento E - Forma costruttiva B3 - Protezione P33.

UNEL Pr. 925 - Termostato a gambo per scaldacqua elettrici verticali ad accumulazione ed a pressione.

UNEL Pr. 991-992-993-995 - Lastre e tubi isolanti di materiali stratificati a base di tessuto di vetro e resine termoindurenti.

UNEL Pr. 1004-1005-1007 - Carte e tessuti di cotone di seta e di vetro verniciati.

UNEL Pr. 1009-1090-1010-1013 - Lastre, tubi, fogli e nastri di prodotti micati con e senza supporto. Tipi a base di mica sfogliata o allibrata e di mica in foglio continuo.

UNEL Pr. 1085-1086-1087 - Nastri di amianto puro tessuto e di amianto e cotone tessuti.

UNEL Pr. 1091-1077-1083 - Condensatori elettrolitici polarizzati con anodo di alluminio - Custodia cilindrica metallica.

Il termine per la presentazione delle osservazioni è:

— Pr. 1022-1019-885-886-887-1018-1021-1023-1024-1025; Pr. 1089 al 10 ottobre 1960.

— Pr. 925 al 15 ottobre 1960.

— Pr. 991-992-993-995; Pr. 1004-1005-1007; Pr. 1009-1090-1010-1013; Pr. 1085-1086-1087 al 20 dicembre 1960.

— Pr. 1091-1077-1083 al 22 dicembre 1960.

I fascicoli possono essere ottenuti gratuitamente facendone richiesta all'UNEL (Milano, via Donizetti, 30).

NECROLOGI

Il giorno 12 maggio 1960 si è spento dopo breve malattia il

dr. ing. GAETANO BONFIGLIO

socio dell'A.E.I. fin dal 1909.

Laureatosi a 23 anni a pieni voti in Ingegneria Elettrotecnica presso il Politecnico di Milano, fu assunto subito come Direttore della Società Telefonica di Brescia. Passò successivamente alla Società Bresciana, e poi alla Società Emiliana di Esercizi Elettrici di Parma, dove assunse la carica di Vice Direttore Generale.



Nell'anno 1927 fondò una ditta per la costruzione di impianti di illuminazione pubblica, e durante un trentennio di fecondo e indefesso lavoro costruì una infinità di impianti in moltissime città d'Italia.

Fu tra i primi a sperimentare in Italia, le lampade a vapore di sodio e successivamente al mercurio per la illuminazione delle grandi arterie, con il sistema di alimentazione in serie.

Lascia grande rimpianto tra tutti i colleghi e conoscenti per le sue grandi doti di cuore e di intelletto, e per il suo carattere modesto, bonario e leale.

PARTE SECONDA

DOCUMENTAZIONE

SOMMARIO

SUNTI E SOMMARI

Apparecchi e dispositivi di manovra, di regolazione di protezione ecc. - Applicazioni termiche - Applicazioni varie - Condutture - Convertitori, raddrizzatori ecc. - Costruzioni elettromeccaniche - Elettrofisica e magnetofisica - Generatori e motori sincroni - Illuminazione e fotometria - Impianti - Insegnamento, Istituti, Scuole, Laboratori - Macchine a collettore - Materiali - Misure - Motori e generatori a induzione - Motori primi - Radiotecnica - Statistica - Telefonia, Telegrafia e Televisione - Trasformatori - Trasmissione e Distribuzione.

Pag. 125 D

SUNTI E SOMMARI

APPARECCHI E DISPOSITIVI DI MANOVRA, DI REGOLAZIONE, DI PROTEZIONE, ECC.

A. Keil - C. L. Meyer — **La deformazione meccanica di pezzi di contatto per effetto dell'arco in interruttori.** (E.T.Z. (B), 27 giugno 1960, pag. 309 a 311, con 7 fig.). 3 b

Nell'interruzione di forti correnti si nota un'incurvatura della zona marginale dei pezzi di contatto. Il fenomeno è da attribuire a tensioni meccaniche distruttive, che si determinano per la fusione e la successiva solidificazione locale della superficie dei contatti. Gli AA. esaminano le relazioni del fenomeno con le caratteristiche fisiche dei materiali. Viene descritto il dispositivo di prova, per mezzo del quale si è cercato di determinare il comportamento di materiali diversi nelle condizioni indicate. Dalle ricerche fatte si è potuto concludere che l'incurvatura considerata non può essere evitata del tutto, ma può essere ridotta: a questo riguardo vengono date indicazioni per ottenere tale risultato. Si consiglia di adottare contatti in argento-ossido di cadmio, perchè in tal caso le loro dimensioni possono essere ridotte al minimo. Anche per contatti in solo argento le forze deformanti sono piccole; per i contatti in argento-ossido di cadmio, si deve osservare che essi alla trazione risultano fragili. Conviene fare la parte portante dei contatti in leghe resistenti al calore, come rame-cromo o argento-bronzo. Tt.

Nuovo sistema di regolazione della tensione sulle reti di distribuzione. (West. Eng., luglio 1960, pag. 126 e 127, con 1 fig.). 3 c

La regolazione della tensione nelle reti di distribuzione non è più una preoccupazione assillante, in generale basta provvedere in partenza e correggere la tensione solo presso gli utenti, in casi speciali, mediante piccoli regolatori completamente automatici, monofasi. Un modello adatto per tensioni di 120 e 240 V è ora messo in commercio per le potenze di 1,25 e 2,5 kVA, sotto la denominazione Unoreg. La regolazione della tensione, nel campo $\pm 5\%$ del valore nominale, viene fatta in cabina, sul secondario dei trasformatori di distribuzione fino a 50 kVA di potenza unitaria. La regolazione della tensione è continua, senza sbalzi o ritardi di tempo, inducendo una tensione supplementare nelle spire in serie d'un regolatore ad induzione, in modo da sommarsi o da sottrarsi alla tensione applicata al regolatore. Il controllo è eseguito automaticamente, in modo da avere una tensione costante di 122 V, essendo 2 V la caduta di tensione del regolatore. Il dispositivo di controllo della tensione è completamente statico e trova posto, insieme al regolatore ad induzione, in un contenitore cilindrico dal quale escono due morsetti per l'entrata e due per l'uscita. Le prove di laboratorio hanno dimostrato che il nuovo regolatore può funzionare senza danni per 20 anni, fornendo una tensione costante con l'approssimazione di $\pm 1,25$ V (su 120 V medi). I. L.

W. Engel - F. Kuhrt - H. J. Lippmann — **Un nuovo principio per la trasmissione di segnali senza contatti.** (E.T.Z. (A), 25 aprile 1960, pag. 323 a 327, con 12 fig.). 3 f

Per la trasmissione di segnali senza contatti, si intende

che essa avvenga a brevi distanze, senza contatto meccanico tra l'emittente e il ricevitore: per questo scopo si può ricorrere agli ultra-suoni, alla luce, alle radiazioni di isotopi nonché a campi elettrici (controllo capacitivo) o magnetici. Quest'ultimo metodo offre il vantaggio che l'emittente può essere costituita da una semplice calamita, mentre come ricevitore si utilizza un generatore di Hall, che converte il flusso magnetico della calamita in una tensione elettrica. Viene esposto il principio, su cui si basa una tale emissione di segnali senza contatti, e vengono descritti la costruzione e il modo di funzionamento delle tre parti principali del dispositivo, la calamita trasmittente, la testa riceptrice e l'amplificatore a transistor. Vengono esaminate anche le proprietà fisico-tecniche delle diverse parti. Vengono da ultimo illustrati due esempi tipici di applicazione di questo nuovo principio in dispositivi di controllo e nell'automazione. Tt.

W. Stübchen — **Impiego di un sistema di controllo statico per applicazioni industriali.** (E.T.Z. (A), 25 aprile 1960, pag. 327 a 332, con 10 fig.). 3 f

Negli impianti elettrici industriali per diversi compiti di regolazione non si prestano più i relè, perchè risultano troppo lenti e la loro durata è limitata per l'usura dei contatti. Nei comandi statici si usano oggidì come amplificatori i transistori, che lavorano rapidissimamente e presentano lunga durata. L'A. riferisce appunto sull'impiego di questo nuovo sistema statico di comando, che offre pure il vantaggio di essere insensibile ad azioni esterne, come scosse o aggressivi chimici gassosi. L'A. esamina le diverse parti di un tale impianto, come iniziatori, elementi di collegamento e amplificatori d'uscita. Si deve notare che gli elementi di collegamento, a differenza dei relè, effettuano già compiti di collegamento. In base ad alcuni esempi tipici, vengono descritte diverse soluzioni di casi di comandi con elementi statici. Tt.

SERVIZIO DOCUMENTAZIONE

L'A.E.I. è in grado di fornire ai propri Associati per gli articoli pubblicati su alcune centinaia delle più importanti riviste italiane ed estere:

- fotocopie nero su bianco: a Pagina . . . L. 250
- microfilm (24×36): per fotogramma (minimo 5 fotogrammi) L. 70
- traduzioni (prezzi da convenirsi).

Le traduzioni vengono consegnate entro tre mesi. Precisare se si desiderano le traduzioni entro termini più ristretti.

Ai prezzi come sopra calcolati, vanno aggiunti, per spese di ricerca delle pubblicazioni e di segreteria, L. 500 per ogni articolo, più le spese postali di raccomandazione e le tasse.

Le richieste di fotocopie, microfilm o traduzioni, devono indicare chiaramente e per esteso: il nome della pubblicazione, la data di edizione (se si tratta di rivista), il nome dell'autore, il titolo e, se possibile, il numero della pagina d'inizio.

W. Krannich — **Dispositivo per la registrazione e la riproduzione di curve.** (E.T.Z. (B), 27 giugno 1960, pag. 315 a 317, con 3 fig.). 3 v

La crescente elettrificazione delle abitazioni, l'equipaggiamento di aziende artigiane con dispositivi elettrici e il condizionamento dell'aria in locali per uffici e magazzini, ed anche l'esecuzione di impianti di accumulo del calore, durante la notte, hanno posto le aziende elettriche di città davanti a nuovi problemi circa la ripartizione del carico, la formazione delle tariffe e la progettazione delle condutture.

A questo riguardo, viene descritto un nuovo apparecchio, che consente di facilitare e accelerare la registrazione e l'esame di curve di carico. Per mezzo di esso si possono registrare corrente, potenza, tensione oppure una grandezza di misura di un dato fenomeno in un tempo determinato. L'andamento della curva può essere poi riprodotto, mediante semplice trasformazione del dispositivo, sotto forma di oscillazione di tensione. Così si accrescono la precisione e la rapidità, con cui si possono rilevare dati statistici. Il processo esplorativo può essere più volte ripetuto, prima che una striscia dello strumento sia esaurita. Tt.

H. Lindner — **Piccoli giunti a induzione nella moderna tecnica dei comandi elettrici.** (Elektrie, luglio 1960, pag. 253 a 256, con 7 fig.). 3 v

Viene riferito su di una serie di giunti a induzione, per coppie da 2,5 a 180 mkg, realizzati dalla Fabbrica Motori Elettrici di Dessau. Questo tipo di giunti era stato sinora usato solo per la propulsione navale per comando con motori Diesel. Per applicazioni industriali è stato sviluppato un tipo più economico a bobina unica e con adeguata ventilazione. Con semplice sostituzione degli anelli di induzione è anche possibile passare facilmente dal tipo asincrono descritto a scorrimento, ai tipi a correnti vorticosi e sincroni. Nei giunti considerati la bobina di eccitazione e le gabbie di corto circuito sono state realizzate in alluminio anziché in rame. Tali giunti possono convenientemente sostituire i tipi idraulici ad olio. Tt.

APPLICAZIONI TERMICHE

S. Mange — **Esplosione di uno scaldacqua ad accumulo di calore.** (A.S.E., 7 maggio 1960, pag. 466 a 467, con 4 fig.). 5 d

In una notte d'inverno a Payerne in Svizzera si è avuto lo scoppio di uno scaldacqua, ad accumulo di calore, della capacità di 125 l; esso era equipaggiato con un termostato comprendente un doppio interruttore a mercurio. Questo sistema presenta diversi difetti: 1) un allentamento dei morsetti di fissaggio dei tubi di vetro, contenenti il mercurio, consente uno spostamento dei tubi, donde si ha interruzione intermittente del circuito; 2) i tubi di vetro, se fessurati, lasciano entrare aria, che ostacola l'interruzione del circuito; 3) la volatilizzazione del mercurio, che si depone sulla parete interna del tubo di vetro, ha la tendenza a mantenere un arco tra i contatti dell'interruttore; 4) un eventuale squilibrio tra i due tubi di vetro fa mantenere uno dei due circuiti. Lo scoppio fu dovuto appunto al mancato funzionamento del termostato, di guisa che la temperatura dell'acqua, e perciò la pressione, salirono a valori eccessivi. Inoltre il rubinetto di riserva ebbe un inceppamento, aggravato dall'aumento di volume dell'acqua per l'incremento di temperatura. Si deve notare che nell'impianto di tali apparecchi, la responsabilità ultima spetta all'installatore elettrico, che deve verificare anche se il gruppo di sicurezza è ben montato. Tt.

APPLICAZIONI VARIE

G. Landi — **Considerazioni generali sui comandi elettrici principali dei laminatoi semicontinui e continui a caldo per ferri mercantili.** (Brown Boveri, aprile-giugno 1960, pag. 33 a 49, con 11 fig.). 6 c

Si possono riassumere gli attuali aspetti essenziali dei laminatoi come segue: 1) comandi elettrici per la laminazione semicontinua a caldo con gabbie aperte; 2) comandi elettrici per la laminazione continua a caldo con gabbie aperte; 3) co-

mandi elettrici per la laminazione continua a caldo con gabbie in linea a zig-zag; 4) comandi elettrici per la laminazione continua a caldo con gabbie completamente in linea. I comandi elettrici principali per i laminatoi semicontinui a gabbie aperte sono, in genere, costituiti da grossi motori asincroni di potenza compresa fra 750 kW e 1 500 kW, alla velocità di 750 giri/min o di 1 000 giri/min. Questi motori vengono accoppiati alle gabbie aperte di laminazione mediante riduttori e gabbie a pignoni. I riduttori, specie nei treni medi e finitori, sono a due rapporti di velocità e permettono di ottenere pertanto due diversi numeri di giri ai rispettivi laminatoi. I laminatoi sbazzatori presentano grossi volani sull'asse veloce del riduttore. I motori di questi sbazzatori sono provvisti di grossi reostati rotorici. Il diagramma di carico dei motori dei diversi treni di questi impianti è veramente gravoso: tipico è il loro andamento, specie per gli sbazzatori, con continui passaggi repentini dal funzionamento a vuoto a quello al doppio del carico. Questi motori, in genere, sono alimentati da un sistema di sbarre a 3 kV o a 6 kV, su cui funziona in parallelo un complesso di trasformatori d'alimentazione. Il carico al quale vien sottoposto ciascun motore di un laminatoio continuo a gabbie aperte o di un laminatoio continuo con gabbie in linea ed a zig-zag o di un laminatoio continuo con gabbie completamente in linea non è affatto costante. Le gabbie di questi laminatoi sono trascinate da motori in corrente continua che, permettendo un ampio campo di variazione delle velocità, introducono la possibilità di realizzare numerosi e diversi programmi di laminazione facendo funzionare, per ognuno di essi, il laminatoio nelle migliori condizioni di velocità. Le potenze e le coppie dei motori possono venire sfruttate nel modo più completo possibile e pertanto la produttività di tali impianti risulta elevatissima. Le potenze di tali motori risultano, in genere, comprese fra 200 e 1 200 kW. L'alimentazione dei motori a corrente continua per i laminatoi continui a caldo viene realizzata generalmente mediante l'impiego di gruppi trasformatori-raddrizzatori a vapori di mercurio nelle loro differenti esecuzioni: polianodici o monoanodici, con pompe o senza pompe, raffreddati in aria o con acqua. Nel caso di un comando elettrico del tipo a sbarre collettrici, speciali dispositivi di regolazione delle griglie dei mutatori provvedono a mantenere costante la tensione alle sbarre, mentre la regolazione di velocità viene realizzata agendo sul campo dei singoli motori. Per quest'ultimo scopo viene utilizzato come segnale di regolazione la differenza fra la tensione di una dinamo tachimetrica montata sul motore ed una tensione di consegna prestabilita. In altri casi la regolazione di un motore alimentato da sbarre collettrici e controllato sul campo è ottenuta mediante una eccitatrice rapida ed un sistema di regolazione elettronico. La caratteristica dinamica di questa regolazione può venire ulteriormente migliorata sostituendo l'eccitatrice rapida con un piccolo mutatore od eventualmente con un complesso di thyatron. Una variante a quest'ultima soluzione consiste nell'utilizzare un complesso di amplificatori magnetici a più stadi atti ad alimentare direttamente il campo del motore, oppure un complesso di regolatori a transistor. L'A. presenta un altro schema: il così detto collegamento blocco con alimentazione individuale, che riconduce la regolazione di velocità dei motori sull'indotto degli stessi e, per tale motivo, elimina l'influenza sui circuiti di regolazione, della grande costante di tempo dell'avvolgimento induttore dei motori. Una variante di questo schema, dal punto di vista della regolazione, è costituita dal sistema che, pur prevedendo una alimentazione a sbarre collettrici, regola la velocità dei motori sul loro indotto, con l'ausilio di speciali dinamo booster poste in serie ai motori stessi. La qualità della regolazione ottenibile con questo schema e con l'impiego di regolatori elettronici o a transistor, risulta elevatissima e può raggiungere valori pari allo 0,1 % s. Ri.

F. Samuelli — **Laminatoio per vergella a duo alterno delle Acciaierie di Bolzano.** (Brown Boveri, aprile-giugno 1960, pag. 49 a 56, con 5 fig.). 6 c

L'esistente laminatoio a doppio duo con cilindri da 320 mm, che produceva tondi da 8 a 50 mm di diametro e piatti di misura corrispondente, è stato recentemente modernizzato mediante l'aggiunta di tre gruppi di gabbie a duo alterno, che permettono di produrre tondo fino al minimo di 6 mm e l'aggiunta di quattro gabbie duo spatard in continuo per la produzione di nastro con massima larghezza di 200 mm, minimo spessore 1,4 mm. Per il comando elettrico

si sono attentamente esaminate, in fase di progetto, due distinte soluzioni per quanto riguardava l'alimentazione dei motori da 660 kW che comandano le gabbie. È risultata migliore, oltre che dal punto di vista tecnico, anche da quello economico, la soluzione con gruppi trasformatori-mutatori, la quale, assicura anche in esercizio un miglior rendimento globale dell'impianto. Scelta la soluzione con trasformatori-mutatori, si è deciso di prevedere una alimentazione tipo « blocco » e non tipo « sbarre ». Con la soluzione « blocco » è possibile realizzare tutte le combinazioni poichè, con i trasformatori a gradini di alimentazione dei singoli mutatori, si possono determinare convenientemente e in modo indipendente, le velocità dei due gruppi e scegliere di conseguenza la più adatta gamma di velocità per ogni tipo di laminato e per ogni singola gabbia. Tali tipi di laminatoi richiedono un sistema di regolazione particolarmente rapido e preciso. Le cadute di velocità all'imbocco di una gabbia debbono venir annullate prima che il materiale arrivi alla gabbia successiva. I motori a corrente continua sono ciascuno da 660 kW a 750 V, con regolazione di velocità sull'indotto da 300 a 750 giri/min e sul campo da 750 a 1200 giri/min. La velocità di consegna viene stabilita per ciascun motore da un apposito dispositivo ad alta precisione. La tensione di consegna, data da tale apparecchio, viene in ogni istante paragonata con la tensione di una tachimetrica che misura il numero di giri del motore; la regolazione interviene in funzione dell'eventuale differenza di questi due segnali, opportunamente amplificata ed eventualmente corretta da un terzo segnale proveniente dal dispositivo di regolazione di ansa. Varie cause possono generare differenze nelle velocità del materiale tra le varie gabbie e, di conseguenza, dannose trazioni. Per evitare tale inconveniente vengono appunto fatte percorrere al filo delle anse tra una gabbia e la successiva. L'estensione di queste anse viene continuamente misurata da un dispositivo meccanico direttamente collegato ad una resistenza variabile. Un segnale prelevato da tale resistenza viene introdotto nella catena di regolazione del motore che comanda la gabbia a valle dell'ansa, e ne produce un aumento di velocità se l'ansa tende ad allargarsi, oppure una diminuzione se invece tende a restringersi. Il sistema di regolazione descritto, oltre ai vantaggi di una rapidissima regolazione, assicura un esercizio semplice e privo di inconvenienti. *Ri.*

P. Coroller — Le macchine analogiche e loro impiego nell'industria. (A.S.E., 7 maggio 1960, pag. 461 a 465, con 8 fig.). **6 g**

L'A. definisce innanzi tutto che cosa si intende per calcolo analogico: si dice che due sistemi fisici sono analogici, quando le leggi, che li governano, hanno la stessa espressione matematica, cioè le stesse equazioni algebriche o differenziali, oppure le stesse relazioni funzionali espresse con formule o curve. Ad esempio, il pendolo e un circuito elettronico possono avere equazioni di funzionamento dello stesso tipo. Le macchine calcolatrici analogiche risultano particolarmente adatte per risolvere equazioni di questo genere, anche non lineari. Si può pertanto esporre una proprietà del calcolo analogico: studiare un sistema fisico o d'equazioni col calcolo analogico equivale a costruire un modello elettrico od elettronico, le cui equazioni di funzionamento siano le stesse del sistema fisico a matematico studiato. L'A. descrive poi come si presenta una macchina calcolatrice analogica moderna; essa si può definire come un complesso di elementi di calcolo, atti ad effettuare le operazioni aritmetiche elementari, come addizione, integrazione, moltiplicazione e rappresentazione di una funzione; le grandezze soggette a manipolazione nella macchina sono tensioni; esiste sempre un rapporto costante tra le misure di esse e quelle delle grandezze corrispondenti del sistema studiato. In pratica, dopo aver costituito un modello, generalmente elettronico, lo si costruisce in base alle equazioni da risolvere o a quelle del sistema fisico studiato. Invero gli specialisti di un dato ramo hanno pochi sforzi d'adattamento da compiere per utilizzare un montaggio e il campo d'applicazione è praticamente illimitato. La precisione varia a seconda che il problema studiato sia lineare oppure no, e a seconda del numero di elementi di calcolo utilizzati. Comunque, anche se la precisione non è grande, si ha il vantaggio di una notevole comprensibilità e facilità di esecuzione del calcolo. *Tt.*

CONDUTTURE

K. Becker — Sul danneggiamento di condutture con isolamento in materiale sintetico per effetto di roditori. (E.T.Z. (B), 27 giugno 1960, pag. 311 a 314, con 4 fig.). **9 d**

Poichè è stato constatato che le condutture con isolamento in materiale sintetico vengono talvolta danneggiate da roditori, si è ritenuto opportuno cercare di fare ripetere tali danni in laboratorio per poterli meglio studiare. Si è giunti così alla conclusione che i cavi con isolamento in materiale sintetico, rispetto a questo pericolo, non sono diversi dagli altri tipi di cavi. Invero i roditori non utilizzano il materiale sintetico come cibo nè vi fanno la loro tana. Essi intaccano l'isolante solo per togliere un ostacolo al loro insinuarsi nel percorso, che mirano ad effettuare. L'A. raccomanda di proteggere i cavi, nei punti minacciati, con materiali duri, ad es. con fasciature in piattina di ferro. *Tt.*

E. C. Rogers - D. J. Skipper — Fenomeni di scarica gassosa nel dielettrico dei cavi per corrente continua ad alta tensione. (Proc. I.E.E. Londra, Parte A, giugno 1960, pag. 241 a 251 e discussione fino a pag. 254, con 10 fig.). **9 d**

La presenza di cavità in un dielettrico solido, immerso in un campo elettrico molto intenso, determina la formazione di scariche elettriche a ripetizione nelle cavità stesse, che gli A.A. studiano teoricamente e sperimentalmente allo scopo di calcolarne la frequenza massima. Due formule sono ricavate, applicabili ai casi di cavità ellissoidiche o laminari, disposte trasversalmente alla direzione del campo elettrico. Il massimo della frequenza di ripetizione si verifica quando la conducibilità superficiale, all'interno delle cavità, è nulla. La frequenza delle scariche aumenta se alla tensione continua si sovrappone un'onda alternata di adeguata ampiezza. L'inversione della polarità degli elettrodi, eseguita periodicamente, contribuisce ad aumentare la frequenza delle scariche nelle cavità. La frequenza delle scariche è maggiore nelle prime ore d'applicazione della tensione continua agli elettrodi. È poco probabile, tuttavia, che le scariche nelle cavità possano abbreviare la durata d'un dielettrico. Le prove eseguite sul polietilene, notoriamente vulnerabile alle scariche più d'ogni altro isolante, hanno infatti dimostrato che il materiale tollera benissimo un gradiente di tensione continua anche elevato, per lungo tempo, purchè la polarità non venga invertita spesso e che la tensione non presenti ondulazioni accentuate. Il polietilene può quindi essere usato con tutta sicurezza nella fabbricazione dei cavi per trasporto d'energia elettrica ad alta tensione, in corrente continua. È noto che il trasporto d'energia, in cavo, con corrente alternata a 132 kV deve essere limitato a distanze di 64 km, che a 220 kV la distanza diminuisce a 40 km e che a 400 kV diminuisce a 24 km, ciò allo scopo di ridurre gli effetti della capacità entro limiti ragionevoli. Nei cavi per corrente alternata il polietilene è sconsigliabile per tensioni maggiori di 33 kV, dove la carta impregnata con oli minerali è invece l'isolante più adatto; l'equivalenza fra polietilene e carta impregnata sussiste solo per i cavi a corrente continua. *I.L.*

CONVERTITORI, RADDRIZZATORI, ECC.

D. B. Corbyn - N. L. Potter — Caratteristiche e protezioni dei raddrizzatori e semiconduttori. (Proc. I.E.E. Londra, Parte A, giugno 1960, pag. 255 a 269 e discussione fino a pag. 272, con 19 fig.). **10 f**

Dopo aver fatto un cenno sui metodi particolari di misura della corrente diretta ed inversa, in un raddrizzatore a semiconduttori, in funzione della tensione applicata e del carico, gli A.A. rilevano che la scarsa inerzia termica della giunzione è la causa prima di surriscaldamento per sovraccarico e guasto del raddrizzatore. La misura diretta di tale temperatura è però impossibile ed è perciò necessario ricorrere a sistemi indiretti di protezione, generalmente molto pronti, per contenere la temperatura della giunzione entro limiti ragionevoli. Per lo più si usano fusibili ad alto potere di rottura, con caratteristiche particolari di ritardo, definite dall'impiego coordinato con altri dispositivi di protezione. Con un'adatta disposizione dei fusibili nei circuiti si possono

spesso eliminare gli interruttori per corrente continua. Lo studio completo d'un sistema di protezione per sovracorrente d'un raddrizzatore a semiconduttori viene presentato graficamente, con qualche dettaglio, per un caso pratico. Più difficile si presenta la protezione del raddrizzatore a semiconduttori contro le sovratensioni prodotte dalle manovre sulle apparecchiature connesse, in particolare apertura rapida di interruttori per corrente continua, oppure contro le onde ad impulso, d'origine atmosferica, trasmesse dalle eventuali linee aeree d'alimentazione dei raddrizzatori. Le osservazioni pratiche sono confermate anche mediante ricerche teoriche esposte con qualche dettaglio in appendice, insieme ad un nomogramma a 6 scale, da usare con l'aiuto di 3 rette d'allineamento, per lo studio del circuito di soppressione della tensione d'impulso. Viene anche osservato che la tecnologia dei semiconduttori è migliorata molto rapidamente negli ultimi anni, così da eliminare molte preoccupazioni circa la sicurezza del loro impiego, tanto più che in un prossimo futuro i dispositivi a semiconduttori dovrebbero sostituire gli stessi interruttori di protezione. I. L.

COSTRUZIONI ELETTROMECCANICHE

H. J. Fründt — **Sicurezza di funzionamento degli apparecchi elettronici.** (E.T.Z. (A), 25 aprile 1960, pag. 338 a 341, con 4 fig.). 11 f

L'A. riferisce su prove eseguite su apparecchi elettronici per stabilirne la durata e la sicurezza di funzionamento. Invero tali apparecchi sono generalmente complicati e pertanto soggetti più facilmente a risentire influenze esterne. In particolare, durante la guerra di Corea, fu notato che i dispositivi di informazione non offrivano tutta la sicurezza di funzionamento, che si poteva attendere. Perciò in America furono rivolte speciali cure per aumentare la sicurezza di tali dispositivi. Furono fatte esperienze e risultò che singoli pezzi di produzione in grande serie sono di funzionamento più sicuro di pezzi eseguiti in piccola serie. Inoltre i casi di messa fuori servizio dei singoli pezzi crescono coll'aumentare del carico, anche se questo resta al disotto di quello nominale. Si deve anche fare in modo che i loro schemi di inserzione e disinserzione lavorino entro un ampio campo di tolleranza. Pertanto come misura della sicurezza di funzionamento di un apparecchio vale la durata media, in cui esso resta in servizio, od anche il tempo tra due uscite di funzionamento in un mezzo statistico. Tale dato si può calcolare in precedenza, conoscendosi i valori del fattore di sicurezza delle singole parti. Di qui si può ricavare la probabilità offerta da un dispositivo circa un funzionamento sicuro per un dato tempo. Naturalmente i fattori di sicurezza delle singole parti dipendono fortemente dagli influssi ambientali. Perciò già dalla prima progettazione si deve badare a realizzare la massima sicurezza di funzionamento, riducendo al minimo le prestazioni delle singole parti. Tt.

E. Naidenow — **Induzioni « optimum » nel ferro in magneti a corrente alternata in derivazione.** (Elektrie, luglio 1960, pag. 266 a 268, con 4 fig.). 11 f

I magneti considerati presentano spesso ampie oscillazioni circa la massima induzione nel ferro, ad es. tra 1,0 Vs/m² e 1,7 Vs/m². Si hanno tabelle e curve, dalle quali si possono rilevare le induzioni « optimum »; per altro, nella letteratura tecnica, relativa alla costruzione di elettromagneti, si hanno pochi elementi circa l'induzione « optimum » da adottare nella costruzione di tali dispositivi. Il Kussy soltanto dà indicazioni in proposito, ma anch'egli non si sofferma sui valori « optimum ». L'A. espone pertanto un metodo, che consente di colmare tale lacuna. Questa induzione dipende dal materiale, di cui è fatto il nucleo: quando essa viene realizzata, si ha la sicurezza di avere un minimo impiego di materiali. Tale induzione corrisponde al valore massimo del fattore di utilizzazione del magnete, che costituisce una misura per l'utilizzazione del materiale e d'altra parte è proporzionale al volume del materiale. Tale induzione è determinata dalla condizione che tra la bobina e il ferro non abbia luogo alcuna trasmissione di calore, mentre per il riscaldamento della bobina è determinante la corrente, in base alla quale il magnete attira. Tt.

ELETTROFISICA E MAGNETOFISICA

S. J. Angello — **Generatori termoelettrici derivati dall'effetto di Seebeck.** (West. Eng., luglio 1960, pag. 99 a 101, con 6 fig.). 14 b

È stato realizzato un generatore di corrente continua, basato sull'effetto di Seebeck, che può produrre 5 kW; ciò è stato possibile usando nuovi materiali termoelettrici, particolarmente adatti. Gli isolanti, contenendo 10¹⁰ elettroni/cm³, possono dare una forza elettromotrice di 0,01 V/°C di differenza di temperatura fra due punti diversi, però hanno una resistenza eccessiva al passaggio della corrente. I metalli danno appena 5 μV/°C, nelle identiche condizioni, però hanno una resistenza ohmica minima. Fra questi due estremi esistono materiali aventi un contenuto di 10¹⁹ elettroni/cm³ che possono dare 175 μV/°C e danno erogazioni di corrente continua utilizzabili praticamente, tali sono: l'antimoniuro di zinco, il tellururo di piombo, oppure di bismuto, oppure di germanio. L'ossido di nichel diventa conduttore con l'aggiunta del 3 % di litio e può tollerare un salto di temperatura di 1000 °C; il solfuro di samario si comporta anche meglio. Sfruttando le proprietà delle termocoppie si può trasformare l'energia termica in energia elettrica con un rendimento del 17 %; però raggruppando le coppie, in modo da aumentare la corrente o la tensione continua prodotta, il rendimento globale scende al 6 % e si mantiene circa costante al variare del carico. Confrontato col rendimento delle macchine rotanti usuali di minima potenza non si osserva tuttavia una grande differenza in meno, in compenso i dispositivi termoelettrici non hanno organi in movimento. Con uno studio perseverante si può pensare d'ottenere fra 5 anni un generatore termoelettrico di 1000 kW, avente un rendimento del 20 %, paragonabile a quello d'un complesso caldaia-turbina-alternatore attuale di pari potenza. Si ritiene che i generatori termoelettrici possano trovare impieghi militari, per i quali bastano unità di 100 W, per comunicazioni e segnalazioni a distanza. I. L.

J. Colman — **Generatori termoionici e materiali speciali.** (West. Eng., luglio 1960, pag. 102 a 104, con 3 figure). 14 b

Il generatore termoionico è formato da un filamento incandescente ed una placca, contenuti in un bulbo di vetro vuotato dell'aria; quando la temperatura del filamento è abbastanza alta si verifica un'emissione di corrente elettronica verso la placca e quindi una corrente nel circuito esterno d'utilizzazione. Per ottenere la trasformazione di energia con un buon rendimento bisogna aumentare la densità di corrente, ossia la temperatura del catodo; in particolare, costruendo questo con una miscela di carburi, si può ottenere la trasformazione con un rendimento del 25 %. La temperatura massima del catodo è definita, per ogni materiale emittente, dall'evaporazione nel tempo che si può tollerare, solitamente data dallo spessore di 1 mm in 1000 ore. La carica spaziale davanti al catodo ostacola l'emissione elettronica; tale carica può essere neutralizzata per mezzo d'una nube di ioni positivi di cesio, nello spazio fra il catodo e la placca. Il catodo può essere scaldato alla temperatura voluta mediante radiazioni solari o combustibili nucleari, i soli che consentano d'ottenere temperature abbastanza alte, mentre il resto dell'involucro deve essere tenuto a qualche centinaio di °C in permanenza, per assicurare la presenza degli ioni di cesio liberi fra gli elettrodi. Un generatore termoionico che utilizzi il primo salto di temperatura del calore liberato da un combustibile nucleare, con un rendimento del 20 %, combinato con un generatore di vapore completo, che abbia un rendimento del 27 %, permetterebbe d'utilizzare l'energia termica del combustibile nucleare con un rendimento globale del 42 %. Il costo del capitale occorrente per costruire un generatore termoionico sarebbe di 190 doll/kW con una potenza erogabile di 27 MW; la potenza del generatore a vapore di completamento potrebbe essere di 50 MW e la potenza di tutto il complesso risulterebbe di 77 MW. I. L.

S. Way — **I generatori magnetoidrodinamici ricavano la potenza dai gas ad alta temperatura.** (West. Eng., luglio 1960, pag. 105 a 107, con 5 fig.). 14 b

Un gas ionizzato ad alta temperatura diventa conduttore dell'elettricità e, muovendosi trasversalmente ad un campo magnetico intenso, fra due elettrodi fissi, può generare una corrente elettrica, ossia trasformare una potenza termica in

elettrica direttamente. L'aggiunta d'un metallo alcalino, potassio o cesio, consente d'ottenere la trasformazione ad una temperatura relativamente bassa, fra 2 500 e 3 000 °C. Il rendimento d'un generatore magnetoidrodinamico (MHD) può essere del 60 %, in confronto del 40÷42 % d'un complesso caldaia-turbina-alternatore di pari potenza. Il generatore MHD può essere realizzato in ciclo aperto, lasciando disperdere i prodotti d'una combustione, oppure in ciclo chiuso, scaldando un gas inerte circolante per mezzo di combustibile nucleare. È necessario però aggiungere un compressore per vincere le perdite di carico nel generatore MHD ed un recuperatore del calore dei gas di scarico; questo può essere costituito da un complesso caldaia-turbina-alternatore. Sono descritte 3 soluzioni in ciclo chiuso, che usano elio addizionato con cesio, che potrebbero realizzare potenze di 380 MW, parte in corrente continua e parte in alternata; la prima potrebbe però essere convertita in alternata per mezzo d'un dispositivo statico adatto. La temperatura del gas in circuito aperto deve essere maggiore che in circuito chiuso con elio, infatti la mobilità degli elettroni nei gas di combustione è minore che nell'elio. La potenza prodotta da due generatori MHD sperimentali è stata di 1 e 9 kW, usando un campo magnetico di 14 000 gauss per reagire col flusso gassoso mobile ad una velocità supersonica. Per la costruzione degli elettrodi collettori della corrente continua e delle pareti fra cui si muove il gas, occorrono materiali conduttori dell'elettricità, resistenti alle alte temperature in gioco ed all'erosione del gas in movimento ciclonico; il problema è perciò particolarmente difficile.

I. L.

J. Weissbart - R. Ruka — Le pile a combustibile danno energia elettrica attraverso un processo elettrochimico. (West. Eng., luglio 1960, pag. 108 a 110, con 5 figure).

14 b

La pila a combustibile più semplice è quella a concentrazione d'ossigeno, essa si compone d'un elettrolita conduttore di cariche elettriche, sotto forma di ioni d'ossigeno, ed isolante per gli elettroni. L'elettrolita è compreso fra due elettrodi, fra i quali si stabilisce una differenza di potenziale, quando l'ossigeno ha diverse concentrazioni sulle due superficie di contatto degli elettrodi con l'elettrolita. Gli AA. indicano 5 forme diverse di pile a combustibile funzionanti a temperature comprese fra quella ambiente e 850 °C. Le pile a temperatura più alta sono le più economiche perché utilizzano combustibile a basso prezzo. Però le temperature elevate richiedono elettroliti a base di sali fusi, che facilmente reagiscono con gli elettrodi, dando corrosioni più o meno rapide. Il rendimento d'una pila a combustibile è indipendente dalle sue dimensioni e la produzione d'energia avviene staticamente, senza organi in movimento. La tensione prodotta da una pila a combustibile è però bassa e continua; l'impiego diretto è perciò limitato alle industrie elettrochimiche. Teoricamente, non essendo in gioco alcun ciclo termico, il rendimento della trasformazione dell'energia termica in elettrica potrebbe essere dal 70 al 90 %; in pratica il rendimento è una funzione del carico e tende a diminuire con l'aumentare di questo. Alcuni schemi chiariscono il meccanismo delle pile a combustibile. Al presente sono state realizzate solo le pile a bassa temperatura e si spera di farne qualche applicazione nei prossimi anni. L'uso delle pile a combustibile per la grande produzione d'energia è ancora di là da venire.

I. L.

Un amplificatore della luce quasi perfetto. (West. Eng., luglio 1960, pag. 128, con 1 fig.).

14 c

Una piccola valvola elettronica, Astracon, è così sensibile alla luce da rendere visibile un elettrone messo in libertà da un fotone. L'immagine d'un oggetto, invisibile all'occhio, è messa a fuoco otticamente sulla superficie fotosensibile, d'uno schermo della valvola. Ogni elettrone liberato viene accelerato con una tensione di 2 kV e lanciato contro un doppio strato di materiale fotosensibile, avente uno spessore di qualche diecina di millimicron. Qui si liberano 5 elettroni, per ogni elettrone incidente, che sono accelerati su un secondo doppio strato. L'operazione, ripetuta 5 volte, permette di moltiplicare per 3 000 gli elettroni incidenti, che accelerati con 20 kV arrivano su uno strato di materiale fluorescente, dove si forma l'immagine rinforzata, come intensità, 1 000 volte rispetto a quella originaria. Ogni elettrone vi appare come uno sprazzo di luce. L'apparecchio trova impiego in astronomia, in aggiunta ai telescopi più potenti, e nella fisica nucleare per rendere visibili le traiettorie dei raggi cosmici e di altre particelle.

I. L.

GENERATORI E MOTORI SINCRONI

K. Minuth — Turbogeneratore da 125 MVA con raffreddamento ad idrogeno per la centrale termica St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 133 a 139, con 12 fig.).

Si tratta di unità a 3 000 giri/min, direttamente accoppiata a turbina a vapore 100/110 MW con raffreddamento ad idrogeno, il che ha consentito di ridurre notevolmente le dimensioni della macchina, che poté così essere trasportata con lo statore avvolto per ferrovia. L'unità ha una potenza di 125 MVA con una pressione dell'idrogeno di 1 kg/cm². Il fattore di potenza è 0,8÷0,88, la tensione 10,5 kV \pm 5 %, il traferro di soli 55 mm. La distanza fra i supporti è di 6 780 mm, mentre la lunghezza complessiva, compresa l'eccitatrice, raggiunge 12 m. Il peso totale è di ca. 225 t. L'eccitatrice ha una potenza continuativa di 245 kW. La macchina generatrice è dotata anche di generatore ausiliario trifase da 6 kVA, $\cos \varphi = 0,5$ per l'alimentazione del regolatore dell'amplificatore magnetico. Il pacco lamiere è costituito da lamierini da 0,5 mm di spessore con perdite di 1,5 W/kg. L'avvolgimento a doppio strato è posto in cave aperte. Particolari accorgimenti sono stati adottati per evitare la formazione di miscele esplosive con l'idrogeno di raffreddamento. Il trasporto dello statore avvolto, del peso di 150 t, è stato effettuato con apposito carro ferroviario.

Tt.

G. Bader - A. Otto — Alternatori sincroni di tipo compound. (Elektrie, luglio 1960, pag. 246 a 252, con 16 fig.).

17 a

Gli alternatori trifasi di tipo compound — e in parte anche quelli monofasi dello stesso tipo —, detti anche alternatori a tensione costante, vengono usati in impianti isolati o di riserva; il loro vantaggio, rispetto a quelli a regolazione, consiste nella costanza della tensione, anche per sovraccarichi improvvisi, quali soprattutto si verificano all'inserzione di grossi motori con rotore in corto circuito. Tali piccoli impianti autonomi vanno ora diffondendosi specialmente in zone sottosviluppate, sinora sprovviste di energia elettrica. Anche per impianti di bordo con sistema trifase, questi alternatori trovano spesso applicazione. L'A. espone i diversi sistemi studiati per la realizzazione di alternatori di tale tipo. Viene analizzata la regolazione e viene indicato il modo di ottenere il tipo compound negli alternatori sincroni; quest'ultimo può essere realizzato con impiego di riduttore di corrente e raddrizzatore oppure di convertitore rotante a campo Ferraris. Viene poi esaminato il funzionamento in parallelo di tale tipo di generatori e vengono esposti i risultati di prova di un generatore trifase, tipo compound, con riduttore di corrente a campo rotante, della potenza di 100 kVA, 750 giri/min, del tipo a poli interni.

Tt.

K. Abegg — Gli avvolgimenti statorici degli alternatori per turbine idrauliche. (A.S.E., 23 aprile 1960, pag. 428 a 437, con 12 fig.).

17 a

L'A. descrive i diversi tipi di avvolgimenti statorici, usati negli alternatori per accoppiamento a turbine idrauliche, e si sofferma sull'isolamento dei conduttori singoli, per il quale, quantunque la differenza di potenziale fra di essi sia solo di pochi volt, si ricorre a materiali di classe B, od anche superiore, perché tale isolamento è tutto circondato dal rame e si trova esposto ad elevate temperature e inoltre un'eventuale sua distruzione porterebbe a corti circuiti parziali e a danni, che richiederebbero costose riparazioni. Come materiali isolanti si adoperano strati di vetro-amianto da 0,2 a 0,25 mm di spessore o lacche speciali. Circa l'isolamento degli avvolgimenti, si ricorre in Europa al processo con fogli di materiali isolanti, mentre in America si dà la preferenza al processo con nastri isolanti, colà denominato « continuous taping ». L'A. si sofferma sui due tipi di isolamento e descrive i controlli, che si effettuano circa gli avvolgimenti statorici sia durante la costruzione sia durante l'esercizio per constatarne l'eventuale invecchiamento.

Tt.

K. P. Haamann — Eccitazione e regolazione di grandi macchine sincrone per mezzo di raddrizzatori. (E.T.Z. (A), 25 aprile 1960, pag. 317 a 323, con 12 fig.).

17 c

Per grosse macchine si presta anche l'eccitazione con raddrizzatori; essa offre certi vantaggi, specialmente nei riguardi della regolazione. Invero, per turbogeneratori che richiedano un'eccitatrice di oltre 1 000 kW con correnti di oltre 2 000 A, si avrebbero difficoltà a costruire macchine

adatte a 3 000 giri/min, mentre per macchine lente l'eccitatrice riuscirebbe troppo grande, e quindi avrebbe una costante di tempo eccessiva. Invece le caratteristiche di un raddrizzatore a vapore di mercurio con controllo di griglia in unione con un regolatore elettronico, si prestano egregiamente allo scopo. Inoltre un raddrizzatore può sopportare sovraccarichi con potenze d'uscita assai elevate. Mediante misure comparative eseguite in un impianto di 46,7 MVA, con forti oscillazioni di carico, si è constatata l'ottima regolazione realizzabile con l'eccitazione a mezzo di raddrizzatore, e ciò con mezzi assai semplici. L'A. espone poi un processo per l'utilizzazione di tali buone caratteristiche di regolazione nell'esercizio di parecchi generatori ad eccitazione convenzionale in parallelo con altre unità ad eccitazione con raddrizzatore: viene indicata anche la possibilità di una rapida compensazione del carico reattivo con un condensatore sincrono, eccitato mediante raddrizzatore; viene pure descritto l'influsso della gabbia di smorzamento sulla regolazione di tensione, nel caso di eccitazione con raddrizzatore. *Tt.*

ILLUMINAZIONE E FOTOMETRIA

J. B. de Boer — **Impiego dell'espressione « Luminanza della sede stradale » nella pratica della pubblica illuminazione.** (A.S.E., 18 giugno 1960, pag. 585 a 595, con 15 fig.). **19 a**

Nella pratica dell'illuminazione pubblica, ha trovato difficoltà l'applicazione della nozione « Luminanza della sede stradale », essendosi essa urtata coi molteplici fattori, che la determinano e che ne condizionano la distribuzione, date le caratteristiche più o meno speculari della pavimentazione. Conseguentemente il suo calcolo risulta assai complicato, mentre la sua misura diretta è ostacolata per il fatto che essa deve effettuarsi in una particolare direzione e sotto un piccolo angolo, e pertanto la relativa apparecchiatura deve essere di grande sensibilità. L'A. invece propone un metodo grafico semplice per la determinazione delle luminanze. In tal modo, queste possono essere dedotte da curve già predisposte per casi normali, in base ai dati di un solo tipo di lampada posta in relazione con un dato tipo di pavimentazione. L'A. descrive poi uno strumento atto ad eseguire la misura delle luminanze, avente la forma di un telefotometro fotoelettrico, che ha potuto essere realizzato in dimensioni tali da renderlo assai maneggevole, grazie all'impiego di transistor, dotato di un sistema di mira per rilievi di precisione. *Tt.*

W. Riemenschneider — **L'illuminazione dello Stadio di Wankdorf a Berna.** (Elektrizitätsverwertung, gennaio-febbraio 1960, pag. 37 a 40, con 5 fig.). **19 b**

Per l'illuminazione dello Stadio di Wankdorf a Berna, si sono fatti approfonditi calcoli sul rendimento economico, che hanno dimostrato che la soluzione più favorevole è quella dell'illuminazione con lampade a vapore di mercurio a bulbo fluorescente, disposte in quattro gruppi. Un diagramma mostra, a titolo di confronto, il costo di un milione di lumen per ora con differenti prezzi dell'energia elettrica e differenti tipi di lampade. In tale calcolo bisogna tener conto non solo delle spese per la prima installazione, ma anche delle spese annuali d'esercizio dell'installazione d'illuminazione dove la durata di vita delle sorgenti luminose ha una importanza non trascurabile. L'illuminazione con lampade ad incandescenza, anche con tensione sopraelevata, non è presa in considerazione, perchè il colore rossastro della luce, la relativamente breve durata di vita ed il debole flusso luminoso sono insufficienti. La lampada a vapore di mercurio ordinaria non conviene più a causa del colore poco apprezzato della luce. L'autore confronta le caratteristiche del nuovo Stadio di Wankdorf con quello dello Stadio di Letzigrund a Zurigo e conclude che le caratteristiche nettamente superiori di Wankdorf sono dovute ad una disposizione più alta delle sorgenti luminose. *Ri.*

E. Roux — **Illuminazione dello Stadio di Barcellona F.C.** (Elektrizitätsverwertung, gennaio-febbraio 1960, da pagina 41 a 43, con 4 fig.). **19 b**

Il Club di Calcio di Barcellona possiede un grandioso Stadio, costruito recentemente. Il progetto è stato fatto per accogliere 160 000 spettatori, ma finora è stata realizzata solo

la prima parte e non vi possono prendere poste più di 100 000 persone. L'illuminazione dello Stadio è di grande importanza e senza precedenti in Europa. Si è cercato soprattutto di evitare l'abbagliamento e si è riusciti ad ottenere una visibilità perfetta sia per i giocatori sia per ciascuno dei 100 000 spettatori distribuiti tutt'intorno a questo immenso Stadio. Per questa illuminazione si sono scelti i proiettori « Infranor » che hanno la particolarità di emettere un fascio rettangolare i cui limiti sono rettilinei. I 246 proiettori installati hanno dato la possibilità di ottenere un'illuminazione verticale molto elevata per una buona visuale del gioco (700 lux). I proiettori sono disposti su due file. L'una comprende 116 apparecchi disposti su una passerella sospesa alla tettoia delle tribune. L'altra di 130 proiettori è posta dal lato opposto su una passerella di 144 m pesante 39 t e costruita a 8 m sopra l'ultima gradinata. L'altezza dei proiettori sopra il terreno di gioco è di 30 m. I proiettori emettono un fascio rettangolare di 35° in larghezza e di 10° in altezza. I fasci dei 116 proiettori, che si trovano dalla parte della tribuna, sono disposti su tre zone successive. I 130 proiettori, che si trovano dalla parte opposta alle tribune, sono più lontani dal terreno dei precedenti. Per questa ragione i loro fasci coprono una superficie più grande ed, in conseguenza, è stato possibile suddividerli solo su due zone. I proiettori funzionano con lampade speciali a bulbo a 3 000 W. I 738 kW necessari per l'alimentazione dei 246 proiettori sono forniti da due stazioni di trasformazione. La stazione « Nord » è fornita di un trasformatore da 500 kW 6 000/380/220 V ed è collegata con la stazione « Sud », d'una potenza di 400 kW. Una delle stazioni trasformatrici ha un posto di distribuzione e d'alimentazione dei proiettori ed un regolatore che permette d'aumentare progressivamente la tensione della corrente che alimenta le lampade. Inoltre questo regolatore permette di compensare le variazioni della rete e di mantenere le lampade sotto la loro tensione nominale. *Ri.*

G. A. Freeman — **Un decennio di progresso nell'illuminazione a mercurio.** (West. Eng., luglio 1960, pag. 116 a 120, con 10 fig.). **19 d**

Le caratteristiche principali delle lampade a vapore di mercurio sono diventate: la durata e l'efficienza luminosa. La prima s'aggira sulle 12 000 ore; a questo risultato si è arrivati con una scelta accurata dei materiali e specialmente nella saldatura degli elettrodi che portano la corrente nell'interno del tubetto di quarzo, dove avviene l'arco nel vapore di mercurio. La giunzione viene ora ottenuta per mezzo d'un nastro di molibdeno. La preparazione del tubo di quarzo va fatta in modo da garantire il diametro con uno scarto minore del 2 % rispetto alla media, su tutta la lunghezza. Perfezionamenti notevoli hanno permesso di migliorare l'aderenza del torio sui due elettrodi; lo strato di torio applicato su un bastoncino di tungsteno viene trattenuto per mezzo d'un avvolgimento di filo di tungsteno più sottile. Le lampade provviste di elettrodi così preparati possono accendersi molto più presto. Anche il bulbo esterno deve avere particolari caratteristiche, quali solo il vetro al borosilicato permette d'ottenere, specialmente contro gli agenti atmosferici. La polvere fluorescente serve a correggere il colore della luce emessa dall'arco nel mercurio, più che ad aumentare il flusso luminoso; solitamente si usa il fluorogermanato di magnesio, applicato all'interno del bulbo di protezione; migliori risultati sembra però dare l'ortofosfato di zinco e stronzio, perchè fornisce radiazioni più abbondanti nel rosso e nel giallo. Le ricerche sono ora rivolte a trovare una polvere fluorescente resistente a temperature di 700÷800 °C, applicabile quindi direttamente sul tubetto di quarzo, per ottenere una sorgente di luce più brillante e meglio controllabile otticamente. In una tabella sono riportate le caratteristiche di emissione luminosa di 3 lampade da 400 W, costruite con criteri diversi. Speciali lampade ad arco breve, da 1 000 W e da 250 W, sono costruite per proiettori e per comparatori ottici rispettivamente; in esse la luminanza dell'arco arriva a 400 candele/mm². *I. L.*

K. H. Bodenhausen — **Le lampade a vapori di mercurio ad alta pressione e loro apparecchi ausiliari.** (Elektrizitätsverwertung, gennaio-febbraio 1960, pag. 1 a 8, con 10 fig.). **19 d**

Come tutte le lampade a scarica nel gas, le lampade a vapore di mercurio ad alta pressione hanno una caratteristica negativa: quando l'intensità di corrente diminuisce, la tensione ai limiti del circuito di scarica aumenta. Perché

la scarica sia stabilizzata bisogna inserire delle resistenze nel circuito esterno. Queste resistenze possono essere ohmiche, induttive o capacitive. Per economizzare l'energia elettrica e per mantenere un rendimento elevato delle lampade a scarica, si usa, di preferenza, una resistenza induttiva, sotto forma di una bobina d'induttanza. Una resistenza ohmica (il filamento incandescente) non esiste più, altro che nelle lampade miste. Recentemente si usa, sempre più frequentemente, un apparecchio ausiliario capacitivo, costituito da una bobina d'induzione in serie con un condensatore. Gli oscillogrammi della corrente e della tensione d'una lampada a vapore di mercurio del tipo HRL, di 250 W, con apparecchio ausiliario induttivo, ohmico, o capacitivo, mostrano che il comportamento delle lampade a vapore di mercurio ad alta pressione è lo stesso con apparecchi ausiliari induttivi, che con apparecchi capacitivi, per quanto riguarda la corrente e la tensione. Invece, con apparecchi ausiliari ohmici, il funzionamento delle lampade è nettamente differente, perchè la tensione di accensione e la tensione d'estinzione sono sfavorevolmente influenzate. Una importanza non trascurabile ha la corrente d'innescio delle lampade a vapore di mercurio per un funzionamento con differenti apparecchi ausiliari. L'aumento del flusso luminoso, durante l'accensione dura da 4 a 5 minuti con apparecchi ausiliari ohmici ed induttivi, ma circa 11 minuti con apparecchi sovrapcompensati. Le variazioni della tensione della rete agiscono direttamente sulla potenza assorbita dalle lampade. Un diagramma mostra le condizioni nel caso dell'impiego di differenti tipi d'apparecchi ausiliari.

Ri.

H. J. Arlt - H. Kümritz — Le condizioni di temperatura delle lampade a fluorescenza fortemente cariche. (Elektrizitätsverwertung, gennaio-febbraio 1960, pag. 9 a 13, con 8 fig.).

19 d

Il flusso luminoso d'una lampada a fluorescenza fortemente carica non aumenta linearmente con la potenza assorbita. L'aumento del flusso luminoso d'una lampada che funziona in un bagno, quando la temperatura di parete è mantenuta bassa, è nettamente più grande, ma non raggiunge i valori che corrisponderebbero ad un aumento proporzionale a quello della potenza assorbita. Vengono illustrati tre tipi di lampade a fluorescenza fortemente cariche ad 80÷90 W/m, ossia circa il doppio dei carichi usuali. La lampada presenta un rigonfiamento che ha lo scopo d'abbassare la temperatura in questo punto della parete e, per conseguenza, la densità del vapore di mercurio di tutta la lampada. Per le lampade americane con estremità raffreddate la riduzione della densità del vapore è ottenuta con un prolungamento degli spazi morti degli elettrodi, che diventano così delle superfici di condensazione del mercurio, perchè sono separate con schermi dallo spazio di scarica e degli elettrodi. Una lampada di costruzione speciale ha una parete che presenta delle cavità, che abbassano così la temperatura d'una parte della parete. Tutti questi generi di costruzione hanno lo scopo d'evitare o di ridurre l'accrescimento della densità del vapore di mercurio, inevitabile con le costruzioni solite, quando la potenza della lampada è aumentata. È, dunque, importante conoscere le temperature, che si presentano, in esercizio, nelle parti più fredde della parete o nelle zone di raffreddamento. Perciò si è fatta una serie di misure, i cui risultati sono indicati in diagrammi. Una tavola, inoltre, permette un confronto tra le più basse temperature della parete misurate su differenti tipi di lampade. Le condizioni favorevoli della densità del vapore constatate per le lampade che funzionano liberamente nell'aria non devono, tuttavia, far dimenticare che il comportamento luminoso delle lampade a fluorescenza fortemente cariche è, tanto più sfavorevole, quanto più le perdite dovute al calore sono male eliminate quando queste lampade sono poste entro i fanali. Una figura mostra la ripartizione delle temperature all'interno d'un fanale pubblico, previsto per 2 lampade di 65 W, ma fornito di lampade di 125 W a protruberanza.

Ri.

H. J. J. van Boort — Lampade a fluorescenza di grande potenza. (Elektrizitätsverwertung, gennaio-febbraio 1960, pag. 15 a 18, con 3 fig.).

19 d

Da qualche anno si è riusciti ad aumentare la potenza delle lampade a fluorescenza a bassa pressione, pur ottenendo un coefficiente di efficienza elevato. Due fattori hanno grande importanza nel dimensionamento di queste lampade, per aumentare l'efficienza luminosa: una scarica di vapore di

mercurio a bassa pressione, che fornisca alla parete del tubo quantità di radiazioni ultra-violette ($\lambda = 2537 \text{ \AA}$) più grande possibile; un rivestimento interno del tubo con una sostanza fluorescente, che trasformi queste radiazioni in luce visibile, con il massimo rendimento. Per soddisfare alla prima di queste esigenze, c'è bisogno di una pressione di vapore di mercurio di 5×10^{-3} mm Hg. Se la lampada è costruita in maniera che il tubo di vetro sopporti una temperatura di 40 °C per una temperatura ambiente di 25 °C, la pressione di saturazione del vapore di mercurio è sensibilmente uguale alla pressione richiesta. Per una data tensione di rete, la tensione del funzionamento della lampada deve raggiungere il valore massimo che permette ancora un funzionamento sicuro. Con una tensione meno elevata, il coefficiente d'efficienza è sfavorevolmente influenzato, perchè la caduta di tensione di 15 V agli elettrodi è più sensibile. Quando la potenza di una lampada è aumentata, lo deve essere anche la superficie del tubo, cosa che si può ottenere aumentando la lunghezza. In questo caso la tensione d'accensione deve essere più elevata e l'apparecchiatura ausiliaria diventa più costosa. D'altra parte, se si aumenta il diametro del tubo, la tensione d'accensione diviene più debole, ed insieme anche il coefficiente d'efficienza. Una soluzione di compromesso consiste nell'accrescere la superficie del tubo, aumentando insieme la lunghezza ed il diametro in modo che la tensione d'accensione conservi il suo valore. Per la lampada a doppio flusso « TL » M di 125 W, l'aumento della potenza fornita è ottenuto non solamente con un aumento della superficie del tubo, ma anche con un modo di costruzione grazie al quale la lampada presenta almeno una parte dove la temperatura non passa i 40 °C, per una temperatura ambiente di 25 °C. Il resto della superficie può allora raggiungere, senza inconvenienti, una temperatura più elevata perchè è la parte più fredda della lampada allo stato stazionario che determina la pressione del vapore di mercurio. Le dimensioni esterne di questa lampada corrispondono a quelle della lampada « TL » di 65 W, con un rigonfiamento di 10 mm di profondità. Quando questa lampada è alimentata a 125 W, la sua tensione, dopo la stabilizzazione, raggiunge 98 V, con una corrente di 1,55 A. Al termine di 100 ore, il coefficiente di efficienza è allora di 58 lm W per il calore bianco e la lampada fornisce, per unità di lunghezza, un flusso luminoso circa due volte più grande della lampada « TL » di 40 W. La lampada « TL » M di 125 W può funzionare non solamente senza starter, ma anche con uno starter ad effluvio speciale, che può essere posto nella stessa cassetta di uno starter ordinario. In questo caso, l'accensione è perfetta a temperature ambiente da — 20 a 60÷70 °C, tanto con apparecchiature induttive che capacitive, per una tensione alternata di 220 V.

Ri.

K. Knobel — Sorgenti luminose elettriche ed accessori. (Elektrizitätsverwertung, gennaio-febbraio 1960, pag. 20 a 25, con 13 fig.).

19 d

La lampada ad incandescenza ordinaria è un radiatore termico. Per ottenere una durata ragionevole di vita, la temperatura del funzionamento non può tuttavia sorpassare $2100 \div 2500$ °C, in modo che la parte delle radiazioni visibili non è che il 4÷8 % dell'insieme dello spettro emesso. Le normali lampade ad incandescenza hanno un coefficiente d'efficienza del 10÷20 lm/W. Alcuni calcoli mostrano che, per una temperatura teorica del filamento di 5000 °C, questo coefficiente non sorpasserà gli 80 lm/W, perchè anche in questo caso 60 % dell'energia radiante resterà ancora invisibile all'occhio umano. La lampada a scarica è basata sul principio dell'ionizzazione. Tutte le lampade a scarica presentano una caratteristica corrente-tensione negativa; esse hanno bisogno di un organo stabilizzatore. Malgrado i grandi progressi ottenuti, la lampada a scarica è ancora lontana dall'essere la sorgente luminosa ideale, che trasformerà quasi tutta l'energia elettrica ricevuta in radiazioni luminose, con un coefficiente d'efficacia dell'ordine del 500 lm/W. La durata di vita d'una sorgente luminosa dipende in gran parte dall'apparecchiatura ausiliaria e dal montaggio. Le lampade a scarica con elettrodi preriscaldati sono sempre più usate in questi ultimi 15 anni. Una conveniente regolazione del preriscaldamento è essenziale per ottenere una buona accensione ed una lunga durata di vita di queste lampade. Lo starter ha una grande importanza come limitatore di corrente o della durata di preriscaldamento. Esperimenti hanno dimostrato che non si possono ottenere condizioni ottime con starter ad effluvio, mentre apparecchi

ausiliari forniti di starter termoelettrici danno risultati molto favorevoli, tanto che essi convergono per lampade a fluorescenza anche nelle condizioni estreme di servizio. *Ri.*

L'utilizzazione delle lampade a vapore di mercurio a bulbo fluorescente per l'illuminazione dei cantieri di officine idroelettriche - La diga di Nalps della S.A. delle Forze Motrici del Reno anteriore. (Elektrizitätsverwertung, gennaio-febbraio 1960, pag. 48 a 51, con 5 fig.). **19 d**

Per illuminare il cantiere durante la notte, sono stati tesi dei cavi su una lunghezza di 800 m attraverso la valle, a circa 180 m sopra il fondo. Questi cavi portano, in tutto, 12 fanali, ciascuno fornito di una lampada a vapore di mercurio a bulbo fluorescente di 2 000 W. I riflettori di un diametro di 900 mm sono distanti circa 40 m. Gli apparecchi ausiliari sono disposti sui riflettori, nelle armature in lamiera. Il peso totale di un fanale, compreso anche l'apparecchio ausiliario, è di 21 kg. Il dispositivo d'illuminazione può essere rapidamente abbassato od alzato per mezzo di un filo d'acciaio. Nell'articolo sono anche indicate le principali caratteristiche delle lampade. Questo dispositivo d'illuminazione permette di ottenere un illuminamento medio di 15 lux. Alla diga di Göschenalp si trattava d'illuminare un cantiere di una lunghezza di 1,7 km su una larghezza di 800 m. Ad una distanza di 1 km in direzione della valle, si sono tesi 10 cavi trasversali, che portano complessivamente 30 riflettori, forniti ciascuno di tre lampade a vapore di mercurio a bulbo fluorescente di 1 000 W. I cavi sono a circa 70 m dalle superfici di lavoro e possono essere alzati man mano che i lavori procedono. Un certo numero di proiettori, forniti ugualmente di lampade da 1 000 W, sono montati su pali di circa 20 m d'altezza. Questo dispositivo d'illuminazione permette d'ottenere un illuminamento medio di 10 lux sulle superfici di lavoro. *Ri.*

C. H. Herbst — Sorgenti di errori nelle misure d'illuminazione. (Elektrizitätsverwertung, gennaio-febbraio 1960, pag. 52 a 57, con 5 fig.). **19 f**

Nelle misure d'illuminamento, cioè del flusso luminoso che raggiunge una superficie, è considerevole il rischio d'errori. Questi errori possono derivare dagli apparecchi di misura, dal procedimento di misura, come anche dalle interpretazioni e dall'analisi dei risultati. Si possono classificare gli apparecchi di misura in tre gruppi (oltre gli apparecchi di laboratorio): piccoli luxometri con galvanometro milliampermetro per misure approssimative (apparecchi tascabili), luxometri di servizio a più campi di misura, e luxometri di precisione, per misura fino a 0,01 lux, che permettono di compensare la sensibilità spettrale della cellula fotoelettrica secondo la curva di visibilità relativa e di ottenere anche una indicazione indipendente del colore della luce. Per tutti i luxometri la resistenza esterna deve essere la più debole possibile e si deve tener conto della temperatura ambiente, della luce incidente obliqua (spesso sottovalutata) come anche della lunghezza d'onda della luce considerata (o della temperatura da colore). L'autore riporta la corrente fotoelettrica di una cellula al selenio, in funzione dell'illuminamento e della resistenza esterna del dispositivo di misura. Dà un riassunto degli errori d'indicazione di diverse cellule fotoelettriche per luce incidente obliqua, e la curva di visibilità relativa, in rapporto ad una cellula al selenio non corretta ed una cellula corretta. Bisogna tener conto anche della sensibilità dei luxometri all'umidità e dell'invecchiamento. Questi apparecchi devono, dunque, essere regolarmente revisionati ed i filtri puliti e lo stesso si deve fare per le cellule fotoelettriche. Durante la misura è importante determinare esattamente l'illuminamento medio; inoltre si devono tener presenti le proprietà delle differenti sorgenti di luce, come pure la dipendenza dalla tensione, il comportamento a diverse temperature, l'influenza della posizione di funzionamento. Il piano della misura deve essere scelto accuratamente e la posizione del luxometro deve essere orizzontale. Infine la cellula non deve essere schermata. Nell'interpretazione dei risultati non si possono trarre direttamente conclusioni nei riguardi del rendimento delle luci o al coefficiente d'efficienza delle lampade usate. *Ri.*

W. Schmidt — Stato attuale dell'illuminazione nella Repubblica Federale Tedesca. (Elektrizitätsverwertung, gennaio-febbraio 1960, pag. 26 a 31, con 10 fig.). **19 v**

Durante l'ultima guerra, l'illuminazione pubblica è stata

fortemente danneggiata. I fanali esistenti furono rimessi a posto ed equipaggiati, dapprima, con lampade ad incandescenza, poi con lampade ad illuminazione mista. A partire dal 1950, si sono utilizzate lampade a fluorescenza da 40 W, a causa del loro alto coefficiente d'efficienza, specie nei fanali che avevano più lampade ed erano coperti con un semplice vetro chiaro. In seguito le costruzioni di fanali sono state molto perfezionate, in modo che ora l'illuminazione pubblica presenta soprattutto lampade a fluorescenza. Verso il 1953-54 apparvero lampade a bulbo fluorescente da $50 \div 2\,000$ W; esse, però, non sono ancora molto impiegate. La Norma DIN 5040, pubblicata nel 1955, porta una tavola di illuminamenti e dei fattori d'uniformità. Sarà, quanto prima, completata con indicazioni d'ottica fisiologica, con prescrizioni che riguardano le lampade ed i fanali ed anche la manutenzione e la misura delle installazioni d'illuminazione. Attualmente si va manifestando la tendenza di installare agli incroci soltanto qualche potente fanale a $10 \div 15$ m d'altezza. L'autore illustra i fanali attualmente più diffusi. Per le lampade ad incandescenza o ad illuminazione mista, come anche per le lampade a bulbo fluorescente, si tratta, come in altri casi, di fanali a riflettore. I fanali lunghi per lampade tubolari a fluorescenza di varia fattura sono ancora assai numerosi. Attualmente si preferiscono i fanali a più lampade per evitare una eccessiva riduzione dell'uniformità, qualora una delle lampade cessi di funzionare. Una speciale illuminazione, posta in atto per la prima volta a Monaco, è stata effettuata mediante una combinazione di lampade a bulbo fluorescente e di lampade a vapore di sodio in potenti fanali. Nella Repubblica Federale Tedesca è oggetto di viva controversia la questione dell'impiego esclusivo di lampade a vapore di sodio nei quartieri abitati; queste lampade, tuttavia, sono utilizzate solo in una proporzione inferiore all'1 %. *Ri.*

P. Hoekstra - Ch. Meyer — Proiezione cinematografica per mezzo di una lampada ad impulsi. (Revue Technique Philips, giugno 1960, pag. 137 a 147, con 12 fig.). **19 v**

La lampada a vapore di mercurio, a pressione molto elevata, raffreddata ad acqua, ha parecchie proprietà che la rendono più interessante, come sorgente luminosa per la proiezione cinematografica, della lampada ad arco comune. Nel caso di un proiettore normale con otturatore, che intercetta all'incirca il 50 % della luce, la quantità di luce fornita è un po' debole per le grandi sale, quando, per la proiezione a colori, i colori rossi non sono riprodotti con sufficiente fedeltà. L'autore descrive un sistema d'illuminazione nel quale la lampada a mercurio fornisce dei lampi, cioè produce luce solo quando è realmente utilizzata, rendendo nello stesso tempo superfluo l'otturatore. Perciò, per la stessa potenza assorbita, sullo schermo si ottiene il doppio della luce che nel caso d'impiego di una lampada che funzioni in permanenza e che abbia bisogno d'un otturatore che intercetti il 50 % della luce. Nel caso di un obiettivo ad apertura relativa 1 : 2, il flusso luminoso sullo schermo è di 4 800 lumen, e nel caso di un obiettivo ad apertura relativa 1 : 1,6 di 6 000 lumen. La lampada consuma 800 W; il rendimento luminoso è dunque 6, rispettivamente 7,5 lumen per watt sullo schermo comparativamente a 2,5 lumen per watt nel caso d'impiego di una lampada ad arco. In seguito al più forte carico istantaneo durante i lampi, il continuo dello spettro è rafforzato in rispetto allo spettro di righe, cosa che assicura una buona resa dei colori. Per ogni immagine del film la lampada fornisce tre lampi luminosi d'una durata di circa 2,5 msec. Si ottiene così un'immagine praticamente esente da tremolii, anche quando è molto chiara e larga. È descritto non solamente il sistema d'illuminazione propriamente detto, ma anche l'apparecchiatura d'alimentazione. La lampada al mercurio impiegata SPP 800, del tipo dosato, è studiata specialmente per il funzionamento in regime d'impulsi nei proiettori cinematografici. *Ri.*

IMPIANTI

W. Koch — Questioni relative alle terre. (E.T.Z. (B), 4 aprile 1960, pag. 154 a 158, con 6 fig.). **20 e**

Notevole importanza ha, specialmente nei grandi impianti elettrici, l'esecuzione di buone terre. È innanzi tutto necessario procedere alla misura della conduttività del terreno nella zona, che interessa, e ciò non solo alla superfi-

cie, ma anche sino ad una certa profondità. L'A. enumera i diversi metodi di misura, adottati a questo scopo, e considera poi i vari tipi di dispositivi atti ad assicurare la formazione di buone terre, esaminandone le caratteristiche. Viene messo in evidenza il nuovo concetto di « controllo del potenziale » introdotto nelle Norme VDE 0411, rifatte dopo la guerra. Tale concetto non è per se stesso una novità e ci si è sempre basati su di esso, senza metterlo in evidenza, grazie alle numerose condutture e tubazioni, che attraversano sempre il terreno, dove è costruita una centrale o stazione elettrica. L'essenza di tale concetto consiste nel fatto che quelle terre, la cui distanza reciproca è assai piccola, in relazione alla loro lunghezza, si influenzano fortemente e si ostacolano reciprocamente nel loro compito di scaricare le correnti a terra. Indispensabile è poi il controllo di potenziale negli impianti con messa a terra diretta del centro-stella. Vengono esposti poi i criteri per la scelta del tipo di terra, da adottare nei vari casi e viene considerata in particolare l'esecuzione di terre in terreni difficili. *Tt.*

H. Wittmann — L'impianto di condizionamento dell'aria per la sala-quadri della centrale termica St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 172 a 173) **20 e**

L'impianto considerato è interamente automatico: aria fresca esterna viene mescolata con una parte dell'aria circolante nella sala-quadri in misura variabile a seconda della stagione; d'estate l'impianto può funzionare anche con sola aria esterna. Tale miscela viene fatta passare attraverso un filtro con reti umettate di olio. Un aspiratore trasferisce poi tale aria purificata in un riscaldatore durante l'inverno e in un refrigeratore e deumidificatore durante l'estate, costituiti da tubi con nervature attraverso i quali passa acqua calda, rispettivamente acqua fredda. Con condutture in lamiera l'aria condizionata viene poi trasportata alla sala quadri. Da questa l'aria viene prelevata con altre condutture e portata alla centrale dell'impianto per ulteriore trattamento e impiego. Il dispositivo è dotato di protezioni anti-acustiche, in modo da eliminare la trasmissione di rumori nella sala-quadri. Nell'interno di questa si ha costantemente una leggera sovrappressione rispetto all'esterno, in modo da impedire la penetrazione di polvere e di aria fredda, rispettivamente calda. Un dispositivo automatico di regolazione, funzionante pneumaticamente, mantiene rigorosamente costante la temperatura nel locale, d'estate e d'inverno. Questo dispositivo consta di un piccolo gruppo compressore con serbatoio e interruttore a pressione, nonché di termostati pneumatici influenzati dalla temperatura, che lasciano passare più o meno aria inviata da un eiettore. Tra il compressore e gli organi di regolazione sono inseriti riduttori di pressione, che mantengono la pressione dell'aria nel compressore, compresa tra 4 e 7 kg/cm², ad un valore costante. Resta così eliminata la presenza di parti meccaniche in moto, che possono essere causa di interruzioni nel funzionamento. *Tt.*

J. R. Carlson — L'economia dei gruppi turbina-alternatore di grandissima potenza. (West. Eng., luglio 1960, pag. 111 a 115, con 6 fig.). **20 f**

Attualmente già molte aziende elettriche hanno in corso l'installazione di gruppi turbina-alternatore di potenza unitaria compresa fra 300 e 500 MW, mentre sono allo studio unità persino di 800 MW. L'A. fa un esame economico comparativo di 5 impianti equipaggiati rispettivamente con: un gruppo da 800 MW, un gruppo da 600 MW, due gruppi da 400 MW, 4 gruppi da 600 MW e 3 gruppi da 800 MW, nell'ipotesi che le reti di distribuzione a cui fossero destinati siano in grado d'assorbire le potenze messe a disposizione, in modo continuo, od almeno con un fattore di carico abbastanza prossimo all'unità. Le condizioni supposte per il vapore all'ammissione sono: 170 atm, 565÷534 °C, pressione allo scarico di 37 mm di Hg, riscaldamento dell'acqua d'alimentazione in 8 stadi. I costi d'impianto per kW installato, nei cinque casi elencati, sono: 155 - 151,7 - 138,75 - 135,04 e 127,9 dollari. La potenza unitaria di 800 MW assorbe 2 176 cal/kWh, quella di 600 MW ne assorbe 2 154 e quella di 400 MW ne assorbe 2 179. I gruppi delle potenze ora indicate sono rappresentati schematicamente per una velocità di 3 600 giri/min, insieme ai costi d'esercizio per tre diversi prezzi unitari del combustibile usato. La sicurezza d'esercizio è per lo meno uguale a quella dei gruppi finora installati. Il confronto risulta favorevole ai gruppi di maggior potenza unitaria e lascia sperare anche in un aumento futuro

della pressione del vapore fino a 246 atm e della temperatura fino a 565 °C, senza dover rinunciare all'unificazione delle parti componenti. *I. L.*

K. Krebs — La centrale termica a vapore St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 102 a 103, con 1 fig.). **20 f**

Nel 1952 fu inaugurata la centrale termica St. Andrä I in Austria, dotata di 4 gruppi della potenza complessiva di 67,5 MW. In seguito fu riconosciuta la necessità di integrare tale impianto con una seconda centrale, modernamente concepita ed equipaggiata, avente una potenza di 110 MW, installata in una sola unità e alimentata da caldaia Benson. *Tt.*

E. Werner — Considerazioni fondamentali sulla progettazione della centrale termica St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 103 a 105) **20 f**

L'aumento nel consumo di energia elettrica in Austria, a partire dal 1951, ha superato il previsto 7 % annuo, ed ha raggiunto in certi anni il 16 %. Per colmare le deficienze invernali, dovute nella produzione idroelettrica, dalla prevalenza di centrali ad acque fluenti, è stata decisa nel 1955 la costruzione di una grande centrale termica a vapore, e precisamente di quella denominata St. Andrä II. Essa è stata progettata per una pressione max di vapore di 207 kg/cm² ad una temperatura di 530 °C, con semplice riscaldamento intermedio a 525 °C. Data l'elevata pressione prescelta, si sono dovute abbandonare le solite caldaie a circolazione naturale e passare a un tipo a circolazione forzata: a questo proposito è stata data la preferenza al tipo Benson. Un problema importante da risolvere fu quello del deposito delle ceneri, che nel tipo di combustibile impiegato sono in misura notevole, e precisamente dal 26 al 30 %. Si dovette calcolare perciò un deposito annuale di circa 200 000 t di ceneri. La caldaia ha una capacità di produzione di 280÷330 t/h di vapore. La centrale ha una potenza di 110 MW con una sola unità turbogeneratrice, per la quale si dovettero superare difficoltà nel predisporre l'acqua di raffreddamento per il condensatore. Nuovi sistemi furono adottati anche per l'alimentazione di carbone. Da notare inoltre che il consumo di energia calorifica è stato qui limitato a 2 350 kcal/kWh rispetto a 3 850 della precedente centrale St. Andrä I. Il costo dell'impianto è risultato di 3 000 S/kW. *Tt.*

W. Hahn — La progettazione della centrale a vapore St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 106 a 108, con 1 fig.). **20 f**

Per la centrale di St. Andrä II, che costituisce un ampliamento della preesistente centrale dello stesso nome, fu prevista una produzione di vapore massima di 330 t/h per alimentare un'unità turbo-generatrice da 110 MW; il vapore raggiunge la pressione max di 207 kg/cm² alla temperatura di 530 °C. Fu necessario pertanto prevedere l'installazione di una caldaia Benson. Dopo l'ordinazione delle parti essenziali della centrale, fu proceduto alla progettazione dettagliata dell'impianto. Fu previsto l'ampliamento del deposito di combustibile per accoglierli un ulteriore quantitativo di 160 000 t di lignite: il trasporto fu progettato con dispositivi a nastro. Data l'enorme produzione di cenere del combustibile previsto — circa 200 000 t all'anno — si dovettero prevedere appositi spazi per il loro deposito. Particolari accorgimenti furono adottati per provvedere alla disponibilità di acqua occorrente per il condensatore. Fu costruita una condotta della lunghezza di 300 m del diametro di 1 700 mm. Fu disposto anche un impianto di autodepurazione delle acque di condensazione a funzionamento continuo. La centrale è dotata di quadro, sistemato in apposita sala, studiato in modo da consentire la massima visibilità. *Tt.*

E. Kurzmann — Esperienze ricavate dalla costruzione della centrale termica a vapore S. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 108 a 117, con 8 fig.). **20 f**

La centrale comprende diverse parti, che si riflettono nelle costruzioni, che le ospitano, e cioè: locale caldaia, in parte sotterraneo, sala macchine e annessi intermedi. Speciali provvidenze furono adottate per le fondazioni in base anche ai dati raccolti nella costruzione di altre centrali termiche. Le parti in cemento armato furono oggetto di particolari calcoli per tener conto anche del sovraccarico dovuto

al vento. Nella costruzione furono mantenuti i termini di consegna previsti, specialmente per quelle parti, per le quali doveva poi essere assicurato per una data fissa l'inizio dei montaggi. Sono esposti i costi di costruzione dell'impianto. Particolari difficoltà dovettero essere superate per la limitazione dello spazio destinato alla centrale, disponibile nella misura di $0,98 \text{ m}^3/\text{kW}$ con un'occupazione in pianta di $0,026 \text{ m}^2/\text{kW}$. Inoltre si dovette tener conto della costruzione esistente per la centrale St. Andr  I e del terreno pregno di acque freatiche, sul quale si dovette elevare la nuova costruzione. *Tt.*

H. Hoppenberger — L'aspetto della centrale termica St. Andr  II dal punto di vista artistico. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 117 a 122, con 8 fig.). **20 f**

Per esigenze tecniche dei macchinari installati, le centrali termiche assumono sempre pi  dimensioni obbligate e gigantesche, specialmente per quanto riguarda il corpo caldaia. Nella progettazione della parte esterna, si   cercato di raccordare nel miglior modo possibile le linee architettoniche della vecchia centrale con le costruzioni dei fabbricati della nuova. Si   mirato poi ad adottare ovunque ampi finestrini, cos  che dall'interno si potesse spaziare con lo sguardo sul paesaggio circostante, particolarmente ameno nella localit , in cui sorge la centrale. In complesso si pu  dire che, con mezzi costruttivi assai semplici si   raggiunto un effetto architettonico gradevole e intonato al paesaggio. *Tt.*

W. Paul — Le condutture di vapore per la centrale termica St. Andr  II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 147 a 149, con 5 fig.). **20 f**

L'esecuzione delle condutture di vapore della centrale considerata, con schema blocco, sono in doppio; a circa met  altezza della caldaia   stato inserito un breve tratto di mescolazione con impiego di due adatti pezzi saldati, ove si possono compensare le due pressioni e temperature delle porzioni del vapore provenienti rispettivamente dalla caldaia e dal surriscaldatore. I tubi sono in acciaio al cromo-silicio-molibdeno, senza saldatura, trafilati, cos  da ottenere una grande omogeneit  del materiale. Si realizza inoltre in tal modo una parete interna del tubo perfettamente liscia, il che limita le perdite di pressione. La condotta del vapore della caldaia, ad alta pressione,   in tubi del diametro di 165 mm con spessore minimo di 31 mm. La perdita di pressione dall'uscita della caldaia all'ingresso in turbina, per una portata normale di 290 t/h di vapore,   di 3,85 atm. Nei gomiti i tubi furono sottoposti a processo di ricottura a circa 900  C. Le connessioni sono tutte saldate; particolare attenzione fu dedicata all'esecuzione degli appoggi nella forma di manicotti in materiale refrattario. *Tt.*

G. Beidl — La gru da 160 t per la sala macchine della centrale termica St. Andr  II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 150, con 2 fig.). **20 f**

La centrale considerata ha la sala macchine in prolungamento di quella della preesistente centrale St. Andr  I; ma sulla stessa carreggiata della precedente, dotata di gru da 40 t, fu dovuta impostare una nuova gru da 160 t, atta a sollevare il turbo-alternatore ivi installato, del peso di 153 t. Il ponte   diviso in due met , ciascuna delle quali appoggia su 4 ruote, collegate nel centro delle testate con giunti elastici. I riduttori ad ingranaggi sono stati realizzati in modo da assicurare velocit  assai basse del ponte: per il sollevamento di piccoli pesi, la gru   dotata anche di un paranco veloce da 5 t. L'equipaggiamento di sollevamento   dotato di comando-freno regolabile; tutti gli equipaggiamenti di traslazione nonch  quello di sollevamento sono anche muniti di freni ad aria. La carreggiata   di 15,7 m; altezza di sollevamento di 15 m. La velocit  di sollevamento di 1 m/min, quella di traslazione trasversale del carrello di 10 m/min e quella longitudinale di 18 m/min. *Tt.*

L'impianto di depurazione dell'acqua di raffreddamento della centrale termica St. Andr  II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 151 a 152) **20 f**

L'acqua di raffreddamento per la centrale considerata viene presa dal fiume Lavaut nella quantit  di 17 000 m^3/h . Il livello del fiume   sottoposto a forti oscillazioni: per assicurare un'alimentazione regolare,   stato costruito un canale di adduzione, in cui il livello viene mantenuto costante

mediante apposito sbarramento; nel caso di forti portate del fiume, si pu  attuare un'ulteriore regolazione mediante apposita saracinesca. La presa si effettua su due imbocchi; cos  anche le macchine di depurazione e le pompe lavorano su due condutture distinte, ciascuna della portata di 8 500 m^3/h . Per scarichi di industrie, l'acqua prelevata da detto fiume   molto sporca e perci  viene fatta passare, prima dell'impiego, in un impianto di depurazione a tre stadi, costituito da due griglie grosse, due medie e due macchine filtranti a tamburo, del diametro di 3 m ciascuna, della lunghezza pure di 3 m. Le reti filtranti di esse sono soggette a continuo lavaggio ottenuto da un getto d'acqua in pressione, prodotta con apposita pompa, nella quantit  di 15 m^3/h . *Tt.*

E. Honold - K. Saalfeld — Pompe di alimentazione e raffreddamento nella centrale termica St. Andr  II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 152 a 157, con 5 fig.). **20 f**

Per l'alimentazione della caldaia Benson, installata nella centrale considerata, sono state disposte due elettropompe a nove stadi, comandate attraverso ingranaggi con accoppiamenti idraulici di regolazione: esse spingono 340 t/h di acqua a 160  C alla pressione di 255 kg/cm^2 , con una velocit  di 3 880 giri/min: la potenza installata   di oltre 3 200 kW. Speciali studi furono compiuti per la scelta della velocit ; in base al valore indicato, si pot  ridurre il numero degli stadi, con minore lunghezza della pompa e maggior sicurezza di funzionamento. Data la possibilit  offerta di regolare la velocit  per mezzo dell'accoppiamento idraulico, si ha il vantaggio di un funzionamento pi  economico con l'aumentare del carico. Le pompe presentano alcune particolarit  costruttive, sulle quali gli AA. si intrattengono. Circa l'acqua di raffreddamento per il condensatore, furono installate 4 pompe semi-assiali, di cui due a regolazione mediante saracinesca riduttrice e due regolabili con apposito dispositivo, nonch  3 pompe a pale regolabili, di cui due di minor portata della terza. Esse sono ad un solo stadio, di tipo verticale con apposito dispositivo a motore elettrico incorporato per la regolazione delle pale, che sono in acciaio al cromo, ricavate di fusione, per ridurre al minimo i fenomeni di cavitazione ed erosione. Particolare attenzione fu dedicata alla camera di aspirazione, studiata in base a prove su modello. *Tt.*

F. Kouril — La preparazione chimica (desalificazione integrale) dell'acqua di alimentazione addizionale della caldaia nella centrale termica St. Andr  II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 157 a 159, con 2 fig.). **20 f**

L'acqua di alimentazione della caldaia Benson della centrale considerata, funzionante alla pressione max di 207 kg/cm^2 , deve rispondere a particolari condizioni: essa deve essere innanzi tutto interamente desalificata, per il quale scopo   stato realizzato un impianto di deionizzazione a due stadi della portata di $2 \times 10 \text{ m}^3/\text{h}$. L'acqua, mediante filtrazione, viene trattata in modo da risultare pari a quella ottenuta per distillazione. Il dispositivo comprende un filtro per cationi, un altro per anioni e uno misto. Tra i primi due filtri, per ottenere l'eliminazione dell'anidride carbonica eccedente   inserito uno spruzzatore. L'ultimo filtro serve ad eliminare eventuali residui di cationi e anioni. I due primi filtri sono dotati di Permutite, rispettivamente R S ed E S. L'ultimo filtro ha invece una miscela delle due sostanze predette. I filtri, dopo una portata di 160 m^3 , devono essere rigenerati, il primo mediante acido cloridrico e il secondo con soda. *Tt.*

H. Hausmann — L'impianto di fornitura del carbone e il dispositivo di evacuazione delle ceneri nella centrale termica St. Andr  II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 165 a 168, con 8 fig.). **20 f**

Per l'alimentazione con combustibile solido della caldaia da 330 t/h di vapore della centrale considerata, fu ingrandito il precedente impianto di St. Andr  I per una portata di $2 \times 180 \text{ t/h}$ di combustibile. Questo arriva con teleferica dalla vicina miniera di Wolkersdorf e viene poi portato con nastri trasportatori ai punti di deposito. Per l'avvio del carbone poi alla caldaia sono disposti due impianti trasportatori a tazze tipo Heizelmann. Dispositivi automatici consentono l'arresto dell'impianto in caso di blocco di una parte di esso. Un impianto centralizzato consente l'eliminazione della polvere, che si solleva nell'operazione di deposito. Per l'eliminazione delle ceneri, dato che esse si accumulano in misura

ragguardevole a cagione della qualità del combustibile impiegato, è stato necessario provvedere un apposito impianto particolarmente studiato. Dispositivi magnetici eliminano eventuali pezzi di ferro, che vi si potessero trovare; la parte polverizzata viene aspirata in un punto centrale ed ivi inumidita, donde viene poi evacuata con impianto trasportatore, previsto per una portata di 80 t/h, costituito da diversi nastri spostabili, che arrivano ai mucchi di deposito predisposti.

Tt.

H. Schmidt — Eliminazione della polvere dai depositi di carbone e dai relativi nastri trasportatori nella centrale termica St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 168 a 171, con 3 fig.). 20 f

La parte base del combustibile solido impiegato nella centrale considerata è lignite proveniente dalle miniere di St. Stephan, nella parte inferiore della valle del Lavant, a circa 1,7 km dalla centrale. Prima di essere avviato ai depositi, il combustibile viene frantumato: in tale operazione si produce polvere, per l'eliminazione della quale è stato disposto apposito impianto e altri furono eseguiti in punti analoghi: in totale cioè 11, di diversa importanza e portata, complessivamente per oltre 100 000 m³/h di aria, per i quali occorre una potenza installata complessiva di 108 kW, cioè circa 1 kW per 1 000 m³ di aria con una pressione media di 265 mm di colonna d'acqua. Ogni impianto costruttivamente comprende una condotta d'aspirazione e una batteria di separatori centrifughi, e può trattare polveri con granulosità sino a 20 µ. Il materiale separato si accumula in apposito spazio al disotto della batteria a tenuta d'aria e viene evacuato con ruota a tazze ed inviato di nuovo ai nastri trasportatori del carbone. L'impianto è a funzionamento continuo.

Tt.

J. Möller — Descrizione della « eliminazione pneumatica delle ceneri sotto pressione tipo Möller » per la centrale termica St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 171 a 172, con 1 fig.). 20 f

Apparecchi evacuatori pneumatici raccolgono le ceneri volatili e le trasferiscono in camere di raccolta, ove avviene il deposito della parte solida, che viene poi trasportata all'esterno mediante dispositivi a pressione. Questi ultimi hanno lo scopo di raccogliere le ceneri in una camera di deposito più lontana, alla distanza di oltre 500 m dalla centrale: essi lavorano per mezzo di aria compressa, che viene poi separata nell'ultima camera di deposito per mezzo di filtri meccanici: questi funzionano grazie all'impiego di aspiratori, che lavorano dall'interno verso l'esterno attraverso un sistema di tubi: ogni tanto tali filtri devono venire ripuliti per mezzo di un meccanismo scuotitore. Le ceneri deposte vengono poi inumidite per consentire l'asporto senza il distacco di particelle volatili. L'impianto è azionato da due compressori rotativi, che sono impiegati sia per gli apparecchi di evacuazione sia per i trasportatori a pressione.

Tt.

F. Ahrem — Messa in servizio e prova dell'unità-blocco della centrale termica St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 173 a 180, con 6 fig.). 20 f

Dopo l'ultimazione del montaggio, si procedette ad un'accurata ripulitura di tutte le parti e tubazioni dell'impianto per eliminare l'eventuale presenza di corpi estranei. Furono poi accuratamente provati tutti gli impianti ausiliari per stabilirne separatamente la perfetta efficienza. Si passò poi alle prime prove dell'impianto. Da notare la complessità delle operazioni per l'avvio dell'impianto dallo stato freddo, condizione, che nella pratica si realizza raramente. La prova vera e propria cominciò poi dallo stato caldo: l'avvio in tali condizioni durò circa un'ora e mezza. In tale periodo le manovre furono fatte quasi esclusivamente a mano. Una stretta collaborazione tra il personale del montaggio e quello della centrale favorì la buona riuscita delle prove.

Tt.

K. Hoffmann — I dispositivi elettrici della centrale termica a vapore St. Andrä II, 110 MW. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 180 a 184, con 3 fig.). 20 f

Dato lo schema-blocco adottato, mancano interruttori tra il turbo-alternatore e il relativo trasformatore elevatore nonché tra l'alternatore e il trasformatore per i servizi propri. L'energia per il funzionamento del gruppo-blocco è prele-

vata nel collegamento eseguito nelle sbarre tra unità generatrice e trasformatrice e avviata a 3 tronchi di sbarre a 6 kV attraverso un trasformatore di regolazione da 12,5 MVA, il che consente una commutazione in 3 stadi dell'energia occorrente per il gruppo dall'avviamento al funzionamento in blocco, nonché nel caso di operazioni di inserzione e disinserzione durante l'esercizio. Il trasformatore di macchina è della potenza di 125 MVA per un rapporto 10,5/235 kV \pm 5 % ed è del tipo trifase; la tensione di corto circuito è dell'11 %. Il raffreddamento è a circolazione forzata dell'olio in tre refrigeratori ad acqua, disposti in un piccolo edificio accanto al trasformatore. Dei suddetti raffreddatori, uno è di riserva. Il trasformatore per il servizio proprio è regolabile sotto carico con un rapporto 10,5 \pm 10 x 1 %/6,4 kV e con una tensione di corto circuito 8,5 %. Il raffreddamento è a circolazione naturale dell'olio. Esiste poi un quadro all'aperto per 220 kV con interruttori ad aria compressa per un potere di interruzione di 3 500 MVA, dotati di dispositivo di richiusura automatica. Completano l'impianto elettrico quadri a 6 kV e 380 V per i diversi servizi interni.

Tt.

R. Zezulak — Rexit, il tappeto liquido, e Rex, il sistema di pulitura a spruzzo per la centrale termica St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 184 a 185, con 2 fig.). 20 f

Le pareti interne ed il soffitto della sala macchine della centrale considerata sono stati trattati con Rexit, che aveva già dato buona prova in altre centrali austriache ed anche all'estero. Si trattava di una superficie complessiva di 20 000 m², di cui 4 000 in calcestruzzo grezzo. Furono necessarie 35 t di Rexit: allo stesso modo furono trattati anche altri locali internamente. All'esterno invece fu per la prima volta in larga misura impiegato un materiale analogo, il Rex per applicazione a spruzzo. Si son trattati 16 000 m² con circa 20 t di Rex; la superficie è risultata granulosa e lavabile. Il materiale è stato applicato sotto elevate pressioni, dell'ordine da 6 ad 8 kg/cm².

Tt.

E. U. Powell — L'impianto nucleare di Saxton. (West. Eng., luglio 1960, pag. 121 a 125, con 6 fig.). 20 n

Il reattore nucleare di Saxton è previsto per fornire una potenza di 20 MW; l'acqua circolante entra a 271 ed esce a 282 °C, in ragione di 27 m³/min. Il diametro del nucleo è previsto di 711 mm e la lunghezza di 915 mm, essendo composto di sfere d'ossido d'uranio sinterizzato, contenute in tubi. Il controllo della reattività è ottenuto mediante bacchette d'una lega d'argento, indio e cadmio. In più il mezzo raffreddante porta in soluzione una certa quantità d'acido borico, per rendere subcritico il nucleo a freddo. Il reattore ha scopo sperimentale ed è perciò specialmente attrezzato per misure particolari sul nucleo. Il contenitore cilindrico del reattore è formato da 20 strati sovrapposti e saldati di lamiera d'acciaio di 6,25 mm di spessore, in modo da formare uno spessore totale di 125 mm; ciò rappresenta una semplificazione rispetto alle costruzioni precedenti, in un pezzo unico. Lo scambiatore di calore è previsto per una pressione massima del vapore di 127 atm e d'esercizio di 63,5 atm. La turbina a vapore può invece dare fino a 28 MW, allo scopo di permettere un funzionamento prolungato del reattore col 40 % di sovraccarico; essa può essere regolata nella velocità per ottenere frequenze fra 30 e 67 p/s. Tutto l'equipaggiamento radioattivo del reattore è contenuto in un cassone cilindrico ad asse verticale di 33 m d'altezza e 15 m di diametro, atto a contenere qualsiasi dispersione accidentale di materiale radioattivo. La potenza del reattore è relativamente modesta per poter spingere la prestazione oltre il limite nominale, fin quasi al limite di rottura, senza troppi scrupoli. La temperatura massima del materiale potrebbe raggiungere 2 750 °C senza fondere le sfere d'ossido d'uranio, a cui può corrispondere un'erogazione di potenza 13,3 kW ogni 30 cm di lunghezza dei tubi che contengono il combustibile nucleare.

I. L.

R. W. Guck — Studio comparativo dei costi di produzione dell'energia nucleare e dell'energia classica. (A.S.E., 18 giugno 1960, pag. 609 a 612 e 2 luglio 1960, pag. 660 a 662, con 12 fig.). 20 n

Vengono analizzati i fattori più importanti, che influenzano sul costo dell'energia elettrica, cioè la potenza disponibile e le modalità di immissione in rete, e quindi la durata d'utilizzazione della potenza considerata. Si ammette in generale, per le centrali nucleari, un fattore di utilizzazione

di 0,8, cioè di 7 000 ore all'anno. In base ai confronti eseguiti, appare che, attualmente, solo le centrali nucleari di grande potenza possono aspirare ad uno sfruttamento redditizio (cioè a costi pari a quelli delle centrali convenzionali). Dai calcoli esposti risulta che una centrale nucleare diventa economica per potenze da 400 MW in più, quando si supponga il suo funzionamento ininterrotto, cioè essa provvede a mantenere la base del diagramma di carico. Una centrale più piccola, da 10 a 50 MW ad esempio, non è oggi redditizia, ma qui il maggior costo d'esercizio è più facile da determinare che non per una centrale grande, che non funzioni nelle predette condizioni, perchè tali costi sono indipendenti praticamente dalle ore di utilizzazione. Però, se è possibile un finanziamento d'una centrale nucleare e la relativa copertura delle opere fisse può essere assicurata, il suo esercizio, anche se essa è di media potenza, può diventare redditizio, perchè le spese variabili, dovute specialmente al combustibile, sono relativamente basse. *Tt.*

J. J. Went — L'apparecchiatura per un reattore nucleare omogeneo in sospensione, in regime subcritico - Motivo della scelta di un reattore omogeneo in sospensione. (Revue Technique Philips, giugno 1960, pag. 85 a 98, con 7 fig.). **20 n**

La N. V. Kema ad Arnhem, nei Paesi Bassi, lavora, sotto gli auspicci del Reactor Centrum Nederland e sotto la direzione dell'A., alla messa a punto di un reattore nucleare di un tipo particolare: il reattore omogeneo semplice a sospensione. Nel presente articolo, i reattori sono distinti in reattori rapidi ed in reattori termici, e questi ultimi sono suddivisi in reattori eterogenei e in reattori omogenei. Si tratta poi la questione della produzione delle nuove sostanze fissili (^{239}Pu , ^{233}U) da sostanze fertili (^{238}U , rispettivamente ^{232}Th). Il rendimento del processo di conversione (« breeding ») si indica con il fattore di conversione. L'autore dà una classificazione dei reattori secondo la grandezza del fattore di conversione. Considerazioni di sicurezza ed economia di sostanza fissile hanno portato, in un paese densamente popolato e povero di sostanze fissili come i Paesi Bassi, al reattore omogeneo a sostanza fissile in circolazione. Si può ancora scegliere tra un reattore a due zone (sostanza fissile nella zona interna, sostanza fertile esternamente) ed un reattore semplice (sostanza fissile e sostanza fertile mescolate). Ha avuto la preferenza quest'ultimo essenzialmente perchè è meno complicato. Come liquido di circolazione si è scelto una sospensione di particelle di ThO_2 contenente un po' di UO_2 in acqua pesante, che fa nello stesso tempo funzione di moderatore; la sostanza fissile è ^{233}U prodotto dal reattore omogeneo a partire da ^{232}Th . Il primo stadio del programma di sviluppo è stata la costruzione di un reattore a piccola scala per esperienze allo stato subcritico (parzialmente quasi critico). Il flusso di neutroni è mantenuto con l'aiuto di una sorgente esterna di neutroni. Il liquido in circolazione è qui una sospensione di UO_2 (uranio con il 20 % di ^{235}U) nell'acqua normale. Si è determinato la concentrazione in sostanza fissile per la quale il reattore diventa critico. Come secondo stadio, si è messo in costruzione un reattore analogo che potrà fornire 250 kW e sul quale saranno studiati diversi processi chimici nelle stesse condizioni in cui si presentano in un grande reattore di potenza. Il terzo stadio sarà la costruzione di un prototipo di reattore omogeneo a sospensione di grande potenza. *Ri.*

B. L. A. van der Schee - M. van Tol — L'apparecchiatura per un reattore nucleare omogeneo in sospensione, in regime subcritico - II Misura e regolazione dei parametri del funzionamento. (Revue Technique Philips, giugno 1960, pag. 99 a 113, con 23 fig.). **20 n**

Per le esperienze sul reattore subcritico a sospensione, ad Arnhem, è necessario che la temperatura del recipiente del reattore possa acquistare tutti i valori compresi tra la temperatura ambiente normale e 100 °C, e non vari più del 0,1 °C. Dato che la pompa che genera la circolazione della sospensione nel circuito del reattore fornisce dell'energia al liquido (5 kW circa), è necessario un raffreddamento a ciascuna temperatura del funzionamento. Non essendo rigorosamente costanti né la fornitura d'energia della pompa, né il raffreddamento, bisogna stabilire artificialmente la temperatura. Questo si attua per mezzo di un dispositivo di riscaldamento (un tronco del tubo facente parte del circuito del reattore percorso da una corrente elettrica d'intensità massima di 2 500 A) che è comandato da un termome-

tro elettrico e che compensa esattamente la quantità di cui la potenza di raffreddamento sorpassa la potenza della pompa, in maniera tale che alla temperatura desiderata il dispositivo di riscaldamento fornisce la metà della sua potenza massima (5 kW). La variazione della potenza fornita al dispositivo di riscaldamento si effettua con una variazione della corrente primaria del trasformatore, il cui circuito secondario comprende il sopradetto tronco del tubo; la corrente primaria attraversa due tiratron. Questi sono innescati per mezzo di un impulso che (durante ciascun periodo della tensione di rete) si produce più o meno tardi, a seconda se la sospensione è troppo fredda o troppo calda. Lente variazioni della temperatura sono ridotte di fattore 8. In pratica variazioni rapide non dovrebbero prodursi. La concentrazione media della sospensione nel recipiente del reattore è determinata, a partire dalla differenza di pressione idrostatica tra due punti che si trovano a differenti altezze. I parametri del funzionamento più importanti sono registrati nella sala di comando, e molti altri possono essere letti su strumenti di misura. Per alcuni di questi strumenti di misura, un esemplare supplementare (duplo) si trova nella sala del reattore. Gli strumenti di misura per grandezze meno importanti o che devono eseguire misure solo di tanto in tanto, non si trovano nella sala comando, ma vicino al reattore. *Ri.*

M. Tiercy — Una pratica scaduta: la marcia delle centrali idroelettriche col limitatore di apertura del distributore. (A.S.E., 2 luglio 1960, pag. 650 a 651). **20 v**

Dalla crescente estensione delle interconnessioni e dall'adozione della regolazione frequenza-potenza è derivata la necessità di far partecipare alla regolazione secondaria il più gran numero possibile di gruppi generatori. Pertanto l'esame obiettivo dei tre criteri di esercizio dominanti, qualità, sicurezza ed economia, ha consigliato l'eliminazione definitiva dei limitatori d'apertura dei distributori delle turbine. Invero la fluttuazione della frequenza non supera ormai i limiti da $\pm 0,1$ a $0,2$ Hz in marcia normale; l'utilizzazione del limitatore è contraria all'interesse generale delle reti interconnesse e il suo abbandono comporta invece prestazioni insignificanti per ciascun gruppo con regolazione primaria, mentre la somma delle diverse prestazioni rappresenta un sensibile aiuto alle unità regolatrici e quindi contribuisce al mantenimento della frequenza. Circa la sicurezza d'esercizio, essa dipende unicamente dalla centrale di regolazione, mentre le altre funzionano, se c'è, solo in base al limitatore. Ma ciò può portare a perturbazioni, soprattutto quando le centrali di regolazione non dispongano di ampia riserva. Circa l'economia, si deve dire che le riserve occorrenti ad assicurare un esercizio regolare per far fronte a perturbazioni sono più importanti di quelle necessarie agli effetti della regolazione. Perciò il soccorso delle centrali, che non funzionano più a limitatore, consente di ridurre le riserve onerose delle centrali di regolazione. Il limitatore dovrebbe perciò essere usato solo in casi eccezionali. In tale senso si sono orientate da tempo tanto l'Electricité de France quanto la Bayernwerk. *Tt.*

INSEGNAMENTO, ISTITUTI, SCUOLE, LABORATORI

R. Rottermann — Le installazioni elettriche del Laboratorio degli Stabilimenti Siemens-Schuckert. (Elektrizitätsverwertung, marzo 1960, pag. 79 a 84, con 6 fig.). **23**

Le nuove officine e i nuovi magazzini che gli Stabilimenti Siemens-Schuckert hanno costruito a Weiningen presso Zurigo, comprendono anche un laboratorio destinato principalmente al perfezionamento di interruttori ultra-rapidi di grande potenza, che presenta qualche installazione di particolare interesse. Per rispondere ai bisogni di servizio di questo laboratorio sono stati installati diversi sistemi per l'alimentazione dell'energia elettrica dell'edificio e della piattaforma di prove. La rete generale di corrente trifase per i circuiti d'illuminazione e della forza motrice, come anche la rete del laboratorio, sono suddivise, da una parte, in un gruppo di distribuzione permanente di corrente alternata e corrente continua e, da un'altra parte, in un gruppo di sorgenti di corrente utilizzate temporaneamente e disponibili a volontà. Per evitare la diffusione di impulsi distur-

batori, l'edificio possiede un proprio sistema di scaricatori e di messe a terra, costituito essenzialmente dall'armatura di cemento armato, dalla terra di protezione e da terre particolari. L'adduzione ai posti di lavoro delle differenti sorgenti di corrente si opera con quadri locali sotto forma di scatole all'estremità dei cavi. Le sorgenti temporanee di corrente sono comandate da un quadro centrale di selezione. L'installazione per le prove di potenza consiste essenzialmente di un trasformatore per una corrente di $25\,000 \div 120\,000$ A a $720 \div 60$ V. Una serie di dispositivi di protezione evitano che le correnti nelle prove d'intensità che superano i $100\,000$ A producano scariche o archi pericolosi.

Ri.

MACCHINE A COLLETTORE

D. Mikeleitis - H. Klötzler — **Requisiti circa la qualità della commutazione in macchine a corrente continua per impianti di bordo.** (Elektrie, luglio 1960, pag. 257 a 261, con 7 fig.). 25 c

Si tende oggi sempre più nelle costruzioni elettromeccaniche a ridurre i quantitativi di materiali impiegati, a parità di potenza della macchina, e contemporaneamente a ridurre le dimensioni; ciò è tanto più importante per gli impianti di bordo. A questa tendenza si contrappongono però le esigenze del Registro navale dell'URSS, circa la qualità della commutazione, che risulta in contrasto con le suddette tendenze: perciò le macchine a corrente continua di serie non sempre si prestano per tali impianti. Gli AA. fanno un confronto fra le diverse prescrizioni di alcuni Paesi a questo riguardo e indicano quali provvidenze si devono adottare per soddisfare alle esigenze della qualità della commutazione. Il processo descritto nell'articolo consente di giudicare della qualità della commutazione e indica le deviazioni caratteristiche delle curve di commutazione dall'andamento normale per asimmetria e saturazione. È in tal modo possibile stabilire più facilmente le condizioni « optimum » del campo di commutazione.

Tt.

MATERIALI

K. Potthoff — **Materiali isolanti per alte tensioni.** (E.T.Z. (B), 4 aprile 1960, pag. 158 a 161). 26 f

Gli isolanti devono rispondere a requisiti diversi, a seconda che vengano impiegati per alte frequenze o per l'elettroscaldamento o per alte tensioni. L'A. riferisce sui risultati di esperienze e sulle ultime conoscenze raccolte per questi ultimi. Circa la loro classificazione, non viene tenuto conto della composizione chimica o del loro modo di produzione quanto delle esigenze degli elementi essenziali delle costruzioni per alte tensioni, nell'intento di poter razionalmente procedere alla scelta più opportuna dei materiali, in relazione alle leggi dominanti nel campo dell'alta tensione. Vengono messe in evidenza specialmente le relazioni, che risultano meritevoli di considerazione. Viene indicato che questi isolanti sono solitamente costituiti da due o tre sistemi, opportunamente combinati, come avviene, ad es., nei cavi per alta tensione, in cui si ricorre a carta e ad olio. L'A. si sofferma particolarmente sui requisiti, che devono presentare questi due materiali essenziali per l'isolamento per alte tensioni. Viene considerata anche la composizione degli isolanti solidi usati per trasformatori e riduttori.

Tt.

W. Dieterle — **Contributo alla conoscenza della resistenza ad impulsi elettrici da parte di carte per isolamento.** (A.S.E., 2 luglio 1960, pag. 637 a 650, con 14 fig.). 26 f

I notevolmente buoni risultati ottenuti con carte isolanti impregnate all'acetato hanno portato a studiare a fondo le possibilità offerte da tale materiale isolante. L'A. riferisce sul comportamento agli impulsi elettrici di tale tipo di carta impregnata, in paragone con altre carte isolanti: è risultato che in generale la resistenza agli impulsi, per tutte le carte impregnate, dipende principalmente dalla permeabilità all'aria dei fogli usati, mentre il loro spessore e il numero degli strati hanno un'importanza secondaria. Quindi si può

dire che le condizioni essenziali per una grande resistenza agli impulsi elettrici sono una debole permeabilità all'aria e una grande omogeneità della carta impiegata. La carta all'acetato, che si rivela poco permeabile, equivale ad una carta per alta tensione, per quanto riguarda la resistenza all'impulso. Una satinatura della carta la può rendere meno permeabile. Invero le carte satinare presentano una costante dielettrica decisamente minore e così pure un fattore di perdite inferiore, a temperature di funzionamento elevate. Da ultimo l'A. indica i risultati di misure comparative della rigidità dielettrica a frequenza industriale. Anche in questo caso, si nota l'influenza della permeabilità dell'aria, quantunque qui essa sia minore che non per la resistenza all'impulso. In appendice viene studiata la permeabilità all'aria e viene indicata una relazione per la conversione dei diversi sistemi usuali.

Tt.

MISURE

J. J. van Zolingen — **La misura di deboli flussi di neutroni per mezzo di canali di conteggio rapido d'impulsi.** (Revue Technique Philips, giugno 1960, pag. 114 a 125, con 13 fig.). 28 b

Il carattere specifico d'una reazione a catena rende necessario conoscere in modo costante la grandezza del flusso dei neutroni in un reattore nucleare. Poiché si usa nel reattore considerato, come moderatore, acqua pesante o grafite, il flusso dei neutroni (termico) ha all'inizio dell'avviamento solamente circa 10^{-6} rispettivamente 10^{-9} del suo valore nominale. La misura del flusso dei neutroni deve dunque coprire una gamma di almeno sei, rispettivamente nove decadi. Un flusso di neutroni si può misurare in due maniere: con il conteggio del numero d'impulsi che i neutroni individuali generano nel tubo contatore d'impulsi, e con la misura della corrente d'ionizzazione che i neutroni provocano in una camera d'ionizzazione. L'autore descrive canali di conteggio d'impulsi utilizzati insieme con un rivelatore di neutroni per misurare il flusso dei neutroni nel reattore in sospensione subcritico della Kema ad Arnhem. Diverse parti del montaggio sono state progettate e realizzate al laboratorio Kema, tra le altre il « discriminatore millivolt » che funziona già in maniera sicura con impulsi a partire da 12 mV, a densità di qualche milione d'impulsi al secondo, come anche un apparecchio bistabile rapido perfezionato, che è in grado di trattare 15 milioni d'impulsi periodici al secondo. Come integratore lineare, si usa un circuito detto di pompaggio e come integratore logaritmico una combinazione di otto circuiti di pompaggio. In quest'ultimo integratore, c'è, tra la deviazione dello strumento di misura e la frequenza d'impulsi n , una relazione logaritmica che si estende a partire da $n = 1$ fino a $n = 3 \times 10^6$ impulsi al secondo ($6 \frac{1}{2}$ decadi). Questa particolarità rende l'apparecchio di misura di frequenze d'impulsi atto all'osservazione dell'accrescersi del flusso dei neutroni in un reattore nucleare al momento dell'avviamento di esso.

Ri.

M. von Tol — **La misura dei grandi flussi di neutroni per mezzo d'un elettrometro.** (Revue Technique Philips, giugno 1960, pag. 125 a 129, con 4 fig.). 28 b

Per grandi valori del flusso di neutroni si intendono, nel caso del reattore in sospensione subcritico della Kema, valori di flusso da circa 2×10^3 a circa 2×10^6 neutroni per cm^2 e per secondo, che corrispondono ad una potenza sviluppata da 1 mV a 1 W. Si misura la corrente continua fornita da una camera d'ionizzazione che è riempita di trifluoruro di boro gassoso (BF_3). Per lo studio del dispositivo di misurazione si è partiti dalle seguenti considerazioni: per un flusso di 2 000 neutroni/ cm^2 s, la camera d'ionizzazione fornisce una corrente di 2×10^{-11} A. Questa corrente, la più debole che si possa ancora misurare, deve provocare una deviazione ben leggibile. Questa deviazione è di 4 divisioni di una scala lineare con 100 come valore finale. Si utilizza a questo scopo una camera d'ionizzazione ed un elettrometro a condensatore vibrante. L'elettrometro è fornito d'un forte accoppiamento a contro-reazione (amplificazione in circuito chiuso, 50) e comporta sei gamme di misura; la scala è lineare. La più debole intensità di corrente e la più grande, che assicurano la deviazione totale, sono rispettivamente 5×10^{-10} e $1,6 \times 10^{-7}$ A. Si è previsto un dispositivo di taratura che permette di controllare il funzionamento in qualunque mo-

mento. L'apparecchio di misura del flusso di neutroni è installato in doppio; ciascun esemplare è alimentato da un suo proprio accumulatore. Ri.

H. Laakmann — Nuovo processo per la determinazione della curva di carico giornaliera. (E.T.Z. (B), 27 giugno 1960, pag. 317 a 319, con 5 fig.). 28 d

Per analizzare il carico di reti elettriche, sono di particolare importanza dati statistici sui consumi abituali di determinati gruppi di utenti. Elementi essenziali vengono a questo riguardo ricavati dalla determinazione della potenza elettrica assorbita in tali periodi di tempo dai gruppi di utenze prese in considerazione, quali si rilevano dalla somma degli andamenti delle curve di carico degli stessi. Per rilevare l'energia elettrica consumata, registrata dai contatori, si esplorano i loro quadranti con cellule fotoelettriche in base a due metodi. L'esplorazione si effettua con un raggio di luce, mentre il bordo del quadrante così illuminato viene proiettato su di una cellula fotoelettrica: quando passa il contrassegno rosso del disco, varia la resistenza della cellula e così si può ottenere un impulso di tensione. Il dispositivo è dotato di amplificatori e di un convertitore delle grandezze di misura. Ogni quattro minuti i dati rilevati vengono trasmessi ad uno strumento di registrazione e riproduzione, che dà luogo alla formazione di una curva a gradini. Tt.

E. Stumpp — Circa un nuovo metodo per la ripresa e l'interpretazione di curve di riscaldamento. (Elektrie, luglio 1960, pag. 237 a 238, con 2 fig.). 28 d

Viene esposta una critica ai metodi classici, usati per le misure di riscaldamento, e viene invece indicato un nuovo procedimento basato sulla considerazione che nelle macchine elettriche la principale fonte di riscaldamento risiede negli avvolgimenti percorsi da corrente elettrica. Si giunge a due equazioni valide rispettivamente nel caso di avvolgimenti, nei cui conduttori non si ha sfasamento e in quello, in cui invece ciò si verifica. In base ad esse si possono stabilire curve, dalla cui forma esterna, si può già stabilire l'ordine di grandezza della capacità di eliminazione del calore della macchina. Tt.

Sospensione magnetica senza attrito per contatore elettrico. (West. Eng., luglio 1960, pag. 127 a 128, con 1 fig.). 28 e

La sospensione è costituita di 2 calamite circolari permanenti, fra di loro repellenti e coassiali, fissate: una all'estremità inferiore dell'albero porta disco e l'altra al posto del sostegno di pietra dura. L'albero è sostenuto verticalmente dalla repulsione delle due calamite, mentre la centratura è assicurata da due anelli di grafite. Le calamite sono formate con ferrito di bario, ottenuto per sinterizzazione del carbonato di bario coll'ossido di ferro; tale materiale è il solo perfettamente stabile in corrispondenza della massima forza magnetica; è quasi impossibile ridurre la sua forza magnetica, salvo che in un laboratorio ben equipaggiato, è chimicamente inerte ed insensibile agli sbalzi di temperatura. Il circuito magnetico delle calamite è chiuso mediante due capsule di ferro, lavorate con molta precisione per la coassialità. La sospensione magnetica è praticamente esente da attrito e dopo 100 milioni di giri dell'albero, non presenta abrasioni meccaniche, anche se il contatore viene sottoposto al massimo carico. Il nuovo contatore è indicato con la sigla D2S; le sue portate voltmetriche sono: 120, 240, 480 e 600 V e le ampermetriche sono: 2,5 - 15 - 30 A. La capacità di sovraccarico è del 667 %. I. L.

K. Walther - K. Wassermann - H. Bader - J. Christ — Sullo sviluppo di riduttori di misura per altissima tensione con maggiori resistenze dinamiche. (Elektrie, luglio 1960, pag. 262 a 265, con 6 fig.). 28 e

I riduttori di misura hanno lo scopo di rilevare tutti i fenomeni, che si verificano nella rete e di trasmetterli con la massima precisione sul lato a bassa tensione agli strumenti di protezione e misura situati sui quadri. Poiché da tali riduttori sono alimentati anche tutti i dispositivi di protezione di una rete, è condizione essenziale che il loro funzionamento sia assolutamente sicuro. A questo riguardo gli AA. si occupano dei problemi relativi alla costruzione di riduttori, che rispondano ai suddetti requisiti. Viene innanzi tutto considerata la disposizione del nucleo e vengono in-

dicare diverse realizzazioni costruttive dal punto di vista anche di una unificazione di tali apparecchi. Viene ora realizzato un tipo di costruzione unificato rispondente a ben precise e determinate resistenze dinamiche. Tt.

MOTORI E GENERATORI A INDUZIONE

J. Sittner — La conversione di energia termica e dinamica nei motori asincroni. (Elektrie, luglio 1960, pag. 239 a 245, con 6 fig.). 29 a

Il motore in corto circuito ha due svantaggi, cioè la relativamente alta corrente di avviamento e l'elevato riscaldamento del rotore per avviamento sotto carico. Lo schema stella-triangolo non è sempre vantaggioso dal lato termico né per il motore né per le condutture e dovrebbe essere impiegato solo quando la corrente d'avviamento in presa diretta può disturbare altri utenti per la forte caduta di tensione provocata. Il riscaldamento del rotore dipende dalla progettazione di esso ed è oggetto di particolare attenzione da parte dell'A. Viene esposto pertanto il lavoro resistente che si sviluppa all'avviamento nel rotore e nello statore, e viene poi considerata la ripartizione di esso nelle gabbie di avviamento e di marcia, nel caso di motori a doppia gabbia. Viene poi analizzata la caratteristica della coppia del motore asincrono con rotore in corto circuito e infine viene indicato come si effettua il carico della gabbia e dell'avvolgimento a pieno regime di marcia. Un esempio numerico chiude la trattazione. Da quanto esposto si deduce che è opportuno procedere ad una scelta del tipo di gabbia — a sbarre alte, trapezoidali o a doppia gabbia — nel caso di forti carichi, a seconda dell'andamento della coppia resistente e del valore del PD^2 ; il primo tipo si presta particolarmente per piccole e medie coppie resistenti e grandi PD^2 ; il secondo solo per medie coppie resistenti e grandi PD^2 ; il terzo per medie e grandi coppie resistenti e piccoli e medi PD^2 . Il secondo tipo può però in pratica essere eliminato e sostituito dal primo, che risulta più economico. Tt.

MOTORI PRIMI

H. Rauschhofer — Controllo dei materiali, della fabbricazione e dei montaggi nella costruzione dell'impianto caldaia della centrale termica St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 122 a 128, con 5 fig.). 30 d

La caldaia della centrale considerata, del tipo Benson, destinata a funzionare ad altissima pressione ed elevata temperatura, ha costituito per l'Austria una novità e ha richiesto pertanto accurati controlli circa i materiali, la costruzione e il montaggio. Specialmente quest'ultimo e i lavori di muratura offrivano problemi precedentemente mai risolti. La massima produzione di vapore prevista è di 330 t/h ad una pressione max di 207 kg/cm², la quale si eleva all'entrata in servizio sino a 237 kg/cm²; la temperatura del vapore raggiunge 530 °C. La superficie sottoposta alla predetta pressione è di 12 360 m², mentre la superficie di riscaldamento complessiva ammonta a 34 250 m². La caldaia fu costruita in acciai speciali al cromo-molibdeno. Data la grandezza della caldaia, fu realizzato un tipo a due circuiti, il che equivale a due separate unità con tutte le loro parti costruttive. Per un'idea della vastità del lavoro, si consideri che furono installati 144 km di tubi con 54 000 saldature eseguite in officina e 28 000 sul posto di montaggio. Per il controllo furono tenute presenti specialmente le prescrizioni americane, pubblicate dall'Associazione Esercenti Grandi Caldaie; particolare attenzione fu dedicata all'osservanza delle misure fissate. Tt.

J. Papst — La prima caldaia Benson dell'Austria. (O. Z.E., aprile 1960, pag. 128 a 133, con 6 fig.). 30 d

Per la centrale termica di St. Andrä II in Austria, fu richiesto un basso consumo di calore, il che portò all'adozione di pressione e temperatura elevate del vapore; a questo scopo fu necessario adottare una caldaia a circolazione forzata del tipo Benson, prevista per la pressione max di 207 kg/cm² e una temperatura di 530 °C con una produzione di vapore di 330 t/h. La caldaia è alimentata con combustibile solido di qualità scadente a forte contenuto di ceneri. Come è noto, le caldaie Benson sono tubolari a circolazione forzata. Mentre la temperatura uscente dal surriscal-

datore primario è indipendente dal carico quella del surriscaldatore intermedio non lo è. Perciò il surriscaldatore intermedio è diviso in due correnti parallele, ciascuna dotata di un iniettore per la regolazione della temperatura. Per la caldaia, il surriscaldatore nonché per il surriscaldatore intermedio fu adottato materiale a base di ferrite, mentre fu escluso quello austenitico. La combustione avviene a combustibile polverizzato coi bruciatori posti negli angoli della camera del fuoco: il calore prodotto viene trasmesso per irradiazione alla parete tutta rivestita di tubi. Il combustibile ha un potere calorifico di soli 2 650 kcal/kg. I mulini di polverizzazione, in numero di 4, hanno una capacità di 30 t/h. La caldaia è dotata poi di preriscaldatori dell'aria, di soffiatori della fuliggine e di elettro-filtri ed è tutta rivestita di lamiera, così da evitare l'infiltrazione di aria esterna. L'A. accenna anche all'esercizio della caldaia e alle operazioni di messa in servizio e di arresto. *Tt.*

E. Alexander — L'impianto della turbina della centrale termica di St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 139 a 147, con 5 fig.). **30 d**

La turbina ha una potenza massima di 110 MW; il miglior rendimento si ha al carico di 100 MW; la pressione normale di vapore è prevista in 180 kg/cm² a 525 °C; essa può giungere eccezionalmente sino a 216 kg/cm² a 535 °C. Si ha un riscaldamento intermedio a 520 °C con una pressione di 38/35 atm; la temperatura dell'acqua di raffreddamento è di 8 °C; l'acqua di alimentazione viene riscaldata a 249 °C in otto stadi. L'impianto di condensazione ha una superficie complessiva di raffreddamento di 2 x 3 160 m²; il consumo di acqua raffreddante è di 13 650 m³/h. Connesso col condensatore è l'impianto di preriscaldamento dell'acqua di alimentazione, la quale è ricavata dalla condensa della turbina. Questa è suddivisa in tre corpi; in quello ad alta pressione il vapore fresco si espande sino a 38 atm; alla pressione di 35 atm e a una temperatura di 520 °C esso entra nel corpo a media pressione: la pressione di separazione tra corpo a media e corpo a bassa pressione è di 1,87 atm. I rotori dei tre corpi sono riuniti in un solo pezzo. Il funzionamento-blocco della turbina con surriscaldamento intermedio ha richiesto l'adozione di organi di regolazione addizionali e di dispositivi di sicurezza. Viene descritto anche l'impianto di lubrificazione; l'arrivo dell'olio a tutte le parti interessate è assicurato da una pompa principale, direttamente accoppiata all'albero della turbina. La pressione dell'olio è da 7 a 8 kg/cm². *Tt.*

J. Patzelt — Sorveglianza e regolazione della caldaia Benson nella centrale termica St. Andrä II. (O.Z.E., aprile 1960, pag. 159 a 164, con 6 fig.). **30 d**

Il carico di punta nella rete di interconnessione austriaca è sopportato quasi esclusivamente da centrali idrauliche a serbatoio e da centrali termiche a vapore a media pressione; quelle ad alta pressione servono in generale a coprire il carico base, secondo le indicazioni del ripartitore del carico. A questo scopo risponde pure la centrale considerata. Perciò qui la regolazione è destinata soprattutto a compensare influssi disturbanti provenienti sia dall'esercizio della caldaia — per variazioni del potere calorifico del combustibile — sia dalla rete per oscillazioni di frequenza. Pertanto la regolazione deve provvedere a fornire vapore sempre alla pressione prescritta; essa appunto, nell'impianto descritto, è dotata di regolatore atto a mantenere costante la pressione. Circa la sorveglianza della caldaia, tutto l'impianto, dall'arrivo del carbone al focolare all'emissione dell'energia elettrica, deve essere considerato come un complesso unitario e quindi deve essere come tale sorvegliato, controllato e regolato. A questo scopo è stato disposto apposito quadro a pulpito; in caso di funzionamento anormale, il personale viene avvertito da segnali d'allarme. L'A. si sofferma, fra gli strumenti installati, sul misuratore di vapore, di cui viene rilevata la temperatura per mezzo di termocoppie e termometri a resistenza, nonché la pressione per mezzo di manometri anulari. Per la misura dei quantitativi di vapore e acqua si impiega il processo di misura della pressione efficace. Per la misura dell'aria sono usate bilance anulari di Komptron con compensazione automatica della temperatura. L'A. si sofferma poi sulle diverse regolazioni relative alla pressione preliminare, all'acqua di alimentazione, al combustibile, all'aria, alla temperatura del vapore, alla depressione nel condensatore e alla polverizzazione del combustibile solido. Tutti i relativi strumenti sono riuniti in apposito pannello. *Tt.*

RADIOTECNICA

G. W. Epprecht — Simboli grafici per tubi elettronici per micro-onde. (A.S.E., 7 maggio 1960, pag. 457 a 461). **34 b**

L'A. si propone di stabilire i simboli grafici per i tubi elettronici per microonde, in base a un certo numero di simboli elementari, dai quali si possano derivare, con opportune composizioni e con adatti raggruppamenti, i simboli complessivi. A questo scopo viene proposto di aggiungere, ai simboli elementari noti, alcuni nuovi modelli e ciò consente di ricavare un sistema di rappresentazione comprensibile e di facile esecuzione. A questo riguardo vengono richiamate le particolarità dei tubi per microonde e le relative necessità di rappresentazione con simboli, quali il raggio elettronico in effetto alternato con campi ad alta frequenza, l'esistenza di campi magnetici od elettrici statici, esterni o interni, risonatori e condutture ritardatrici, accoppiamenti. L'A. si sofferma particolarmente sui predetti campi statici usati per dirigere il raggio elettronico. Da ultimo vengono considerati i tipi di elettrodi per tali tubi. Diversi esempi mostrano come praticamente si possano stabilire i simboli relativi ai tubi considerati. *Tt.*

E. Mentzel - H. Stietzel — Un triodo a dischi di metal-ceramica per frequenze fino a 6 000 MHz. (Revue Technique Philips, giugno 1960, pag. 157 a 162, con 9 fig.). **34 b**

A complemento dello sviluppo del triodo a dischi EC 59, si è cercato di realizzare un triodo a dischi, parte in ceramica, per onde centimetriche. Il perfezionamento della tecnica di saldatura del metallo alla ceramica ha permesso di realizzare eccellenti cavità di risonanza. La potenza d'uscita e la frequenza limite (benché quest'ultima sia determinata dalla geometria del tubo) dei tubi a comando con griglia hanno pure potuto essere aumentate sostituendo al vetro materiale ceramico. L'autore descrive un triodo a dischi sperimentale (designazione del tipo provvisorio OZ 92) che presenta il sistema d'elettrodi del tubo EC 59, ma con una parete di ceramica (Al₂O₃) e di metallo (lega Fe-Ni-Co). I vantaggi della ceramica nei confronti del vetro sono: 1) maggior capacità di carico termico in conseguenza di una maggior conducibilità del calore, senza elettrolisi anche a temperature elevate; 2) perdite dielettriche più deboli; 3) ed una più grande indeformabilità. Queste proprietà hanno permesso la costruzione di un tubo molto semplice che, a 5 000 MHz, può fornire più di 10 W e la cui dissipazione anodica di 125 W può essere evacuata sia con un raffreddamento ad acqua, sia con un raffreddamento ad aria. La tensione continua dell'anodo è di 500 V. La temperatura massima ammessa per le saldature di metallo-ceramica è di 250 °C. *Ri.*

K. Hoffmann — Radio direzionale a portate prolungate. (E.T.Z. (B), 27 giugno 1960, pag. 320 a 324, con 7 fig.). **34 c**

La moderna radio direzionale utilizza onde portanti, le cui frequenze sono generalmente superiori a 1 000 MHz. Il fascio delle onde portanti emesse, rispetto alla radio circolare, non solo offre un guadagno di potenza nella direzione di trasmissione, ma consente anche spesso di usare nella stazione emittente la stessa frequenza per trasmissioni in un'altra direzione. L'A. descrive appunto un impianto di questo genere realizzato per il collegamento di Berlino ovest con la Germania federale, il quale consente 120 comunicazioni contemporanee: esso rende possibile anche il collegamento della rete telefonica di Berlino col resto della Germania Occidentale. È stato constatato che con la radio direzionale si possono superare lunghe portate, purché si adottino opportune provvidenze per superare lo smorzamento oscillante, che vi è connesso. L'A. descrive appunto il completamento di un impianto direzionale per raggiungere il suddetto scopo. *Tt.*

G. Schiefer — Una linea di misura simmetrica per onde metriche e onde decimetriche. (Revue Technique Philips, giugno 1960, pag. 153 a 156, con 4 fig.). **34 g**

Le misure di impedenze su oggetti di misura simmetrici (antenne, trasformatori, circuiti d'accoppiamento, ecc.) si fanno generalmente nella gamma d'onde ultracorte per mezzo d'una apparecchiatura di misura asimmetrica, con interposizione di pezzi che assicurano il passaggio della simmetria verso l'asimmetria. In generale questi pezzi interposti

presentano degli inconvenienti. Per la misura precisa di impedenze simmetriche (in particolare di reattanze con piccole perdite) in una gamma molto grande di frequenze è consigliabile costruire una linea di misura simmetrica che permetta di esplorare in maniera conosciuta, per mezzo d'una sonda, le variazioni di onde stazionarie e di dedurre l'impedenza connessa. Per la misura di impedenze su oggetti simmetrici nella gamma di onde ultracorte (80-300 MHz) si è realizzata una linea di misura di Lecher blindata simmetrica di circa due metri di lunghezza. La sua resistenza caratteristica è di circa 105 Ω . La sonda è insensibile ad onde asimmetriche. Perciò il diodo rivelatore (un diodo al germanio, tipo miniatura, OA 95) è posto direttamente nel campo alta frequenza della linea di misura. La tensione d'alimentazione ad alta frequenza è modulata in ampiezza con una tensione di 1 000 Hz. La sensibilità totale è molto elevata. *Ri.*

STATISTICA

G. Boll — **Produzione e trasmissione di energia elettrica in Finlandia.** (E.T.Z. (A), 25 aprile 1960, pag. 341 a 344, con 3 fig.). *36*

La Finlandia ha dovuto cedere, dopo la guerra, all'U.R.S.S. diverse centrali situate nel Sud del Paese, e pertanto nella parte più industrializzata, per un ammontare pari al 17 % della potenza complessiva precedentemente installata. Tuttavia la potenza è stata entro il 1958 più che triplicata, rispetto al 1944, mediante la costruzione di nuovi impianti, di guisa che la produzione di energia elettrica è ora salita a 7,9 miliardi di kWh, di cui 6,5 prodotti idraulicamente, mentre le forze idrauliche utilizzabili sono valutate in 18 miliardi di kWh. I più recenti impianti, che sfruttano i fiumi Oulu e Kemi sono rispettivamente a 500 ed 800 km da Helsinki, di guisa che si è dovuta prevedere la costruzione di linee di trasmissione ad altissima tensione. A questo riguardo l'A. dà particolari sull'esecuzione delle linee, sulla disposizione dei sostegni, delle corde e degli isolatori, compresi i quantitativi di materiali impiegati. Da ultimo viene accennato ai problemi relativi agli scambi di energia elettrica coi Paesi scandinavi. *Tt.*

TELEFONIA, TELEGRAFIA E TELEVISIONE

U. Finkbein - J. Holle - S. Tobies — **Emittenti televisive a tetrodi per la banda IV/V.** (E.T.Z. (A), 25 aprile 1960, pag. 332 a 338, con 13 fig.). *38 f*

In Germania non basta più la banda di frequenze sinora usata per la trasmissione di programmi TV e pertanto si è ora cominciato ad effettuare trasmissioni in altissima frequenza, su banda 470-790 MHz, cosiddetta IV/V, per diffondere un secondo programma. Fu affrontato innanzi tutto il problema della produzione di tali frequenze elevatissime in stazioni da 10 a 20 kW di potenza, per mezzo delle quali, tenendo conto del cosiddetto guadagno di antenna, si arriva a diffondere effettivamente potenze di 500 kW e più. Si davano due possibilità: l'adozione di tetrodi o klystron; fu data la preferenza ai primi perchè con essi fu più facile raggiungere l'elevata stabilità necessaria, e ciò in base anche alle esperienze già realizzate con la diffusione del primo programma nelle bande I e III. Tali trasmettitori sono costruiti in base al principio di elementi singoli componibili. *Tt.*

TRASFORMATORI

V. Aigner — **Riduzione, eliminazione e utilizzazione delle perdite di calore dei trasformatori.** (E.T.Z. (B), 4 aprile 1960, pag. 145 a 154, con 22 fig.). *39 b*

Viene ricordato come si possano diminuire le perdite nei trasformatori con l'impiego di lamierini laminati a freddo e con taglio degli stessi obliquo. Inoltre nei grandi trasformatori con tensione secondaria relativamente bassa, si mira anche a ridurre le perdite per correnti vorticosche, mediante disposizione simmetrica delle bobine sui montanti del nucleo. Naturalmente si deve anche tener conto dell'influsso esercitato dal raffreddamento che è efficace soprattutto per diminuire le perdite negli avvolgimenti. A questo riguardo viene presa in considerazione la riduzione della temperatura

del punto più caldo all'interno con l'impiego di olio fluido. Particolare importanza ha poi il raffreddamento esterno, di cui vengono analizzate le diverse disposizioni relative ai radiatori. Da ultimo viene anche accennato all'utilizzazione del calore, dovuto alle perdite dei trasformatori, per il riscaldamento di locali attraverso scambiatori di calore: a questo riguardo viene riferito sull'esperienza triennale fatta in un impianto con risultati giudicati favorevoli. Viene poi descritto l'impianto eseguito per il riscaldamento di un edificio a più piani. *Tt.*

TRASMISSIONE E DISTRIBUZIONE

Linea di trasmissione sperimentale a 750 kV. (West. Eng., luglio 1960, pag. 128). *40 a*

Una linea sperimentale verrà realizzata ad Apple Grove (West Virginia) per controllare la possibilità e convenienza di mantenere in esercizio una tensione di 750 kV, occorrente per trasmettere a grande distanza potenze cospicue. Diverse fabbriche, dei vari materiali occorrenti per la costruzione della linea di prova, si sono associate per sostenere le spese, insieme all'azienda locale di produzione d'energia elettrica, che ha lanciato l'idea delle prove al vero. Queste dureranno da 3 a 5 anni e saranno condotte su tre linee sperimentali, ognuna realizzata con una diversa configurazione dei conduttori. Le tre linee saranno eccitate contemporaneamente, onde poter misurare le influenze radio e l'effetto corona, nelle identiche condizioni atmosferiche. *I. L.*

U. G. W. Knight — **Il progetto logico delle reti elettriche di distribuzione, per mezzo di metodi di programmazione lineare.** (Proc. I.E.E. Londra, Parte A, giugno 1960, pag. 306 a 314 e discussione fino a pag. 319, con 4 fig.). *40 a*

Partendo dalla posizione planimetrica delle cabine, che si desidera collegare fra di loro, si dimostra la possibilità di ricavare una serie di equazioni risolubili coi metodi della programmazione lineare, per arrivare a definire la soluzione di minimo costo della rete di distribuzione. Anche le condizioni d'alimentazione della rete possono essere contenute nelle equazioni di progetto. Per arrivare ai risultati numerici è necessario fare uso d'una calcolatrice binaria. Le difficoltà del calcolo numerico naturalmente crescono col numero delle cabine da collegare. A tale scopo l'A. fornisce alcune regole pratiche per ricavare il più possibile da un dato tipo di calcolatrice. La regolazione della tensione è giudicata meno importante della continuità del servizio, tanto che è sempre giustificata la previsione di collegamenti di riserva per garantire la fornitura continua dell'energia ad un gruppo di cabine. In generale conviene ridurre al minimo gli interruttori di comando delle cabine, dato che il costo di queste per il 40-50 % è imputabile ai dispositivi di comando. Viene quindi ricavata l'equazione del costo della rete, che si deve rendere minimo con metodi algebrici usuali. Da questo punto comincia l'impiego della calcolatrice binaria, tenuto presente che per alimentare 9 cabine da 2 sottostazioni è necessario risolvere 511 disuguaglianze, eseguendo 29 000 moltipliche. Per chiarire l'applicazione del metodo si considerano 3 esempi distinti di distribuzione del carico ad una città, usando 2 cabine a 275/132 kV e da 6 ad 8 cabine a 132/33 kV. Completano l'articolo alcuni suggerimenti per ridurre al minimo le difficoltà di calcolo che presenta il metodo generale d'indagine proposto e che in realtà, in molti casi, non esistono. Forse il difetto maggiore del metodo sta nel voler risolvere, con criteri unitari, problemi fra di loro molto diversi e che presi singolarmente sono invece relativamente facili, se non addirittura immediati, in quanto certe soluzioni si possono escludere a priori. *I. L.*

U. V. Büttikofer — **La manutenzione degli impianti di distribuzione elettrica negli impianti industriali.** (A.S.E., 23 aprile 1960, pag. 443 a 444). *40 c*

Sino a qualche tempo fa si prestava poca attenzione alla manutenzione degli impianti elettrici di distribuzione negli stabilimenti; ma oggi ci si è resi conto dell'importanza del buon funzionamento dei servizi elettrici in una fabbrica e si sono organizzate squadre regolari per la manutenzione di questi impianti. Con un controllo costante la squadra specializzata provvede ad eliminare preventivamente eventuali guasti o a ridurli al minimo. Con tale problema è connesso anche quello dell'automazione e della relativa manutenzione degli impianti predisposti per tale scopo. *Tt.*